

# GUÍAS PARA MANEJO SEGURO Y GESTIÓN AMBIENTAL DE 25 SUSTANCIAS QUÍMICAS

**Consejo  
Colombiano de  
Seguridad**



Libertad y Orden  
**Ministerio de Ambiente,  
Vivienda y Desarrollo Territorial**  
República de Colombia



Libertad y Orden

**Ministerio de Ambiente,  
Vivienda y Desarrollo Territorial**  
República de Colombia

**Álvaro Uribe Vélez**

Presidente de la República

**Cecilia Rodríguez González-Rubio**

Ministra de Ambiente,  
Vivienda y Desarrollo Territorial

**Juan Pablo Bonilla Arboleda**

Viceministro de Ambiente

**Josué Gastelbondo Amaya**

Viceministro de Vivienda  
y Desarrollo Territorial

**Víctor Raúl Hugeth**

Secretaría General

**José Filiberto Montoya Páez**

Director de Desarrollo Sectorial Sostenible

**Coordinación Técnica  
Grupo de Sustancias Químicas  
y Desechos Peligrosos**

Leydy María Suárez Orozco

Sergio Alberto Cruz Fierro

Andrea López Arias

Carlos Antonio Bello

**Consejo  
Colombiano de  
Seguridad**



**Renán Alfonso Rojas Gutiérrez**

Presidente Ejecutivo

**Jorge Enrique Bejarano Jiménez**

Coordinador Convenio

**Gonzalo Alberto Corredor Rojas**

Asesor Técnico

Diseño y Diagramación

Adriana García

Corrección de estilo

Carolina López

Preprensa

Fotograbado Cárdenas

Impresión

Ultracolor Ltda.

# Presentación

**Ministerio de Ambiente,  
Vivienda y Desarrollo Territorial**

En su propósito de impulsar el crecimiento económico sostenible, el Gobierno Nacional, a través de su política de construcción de un Estado comunitario, viene apoyando a los sectores productivos para hacerlos más competitivos, eficientes y ambientalmente sostenibles. Actividades como la producción de alimentos, medicamentos y textiles, entre otros, vinculan el uso de sustancias químicas, indispensables para la elaboración de mercancías y bienes que hacen parte del núcleo de consumo de los colombianos, algunas de las cuales de no ser manejadas adecuadamente pueden afectar la salud humana y el medio ambiente.

Como ente regulador de políticas sectoriales, que garanticen la adecuada aplicación de tecnologías y procedimientos en dichas actividades, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial viene promoviendo la divulgación y conocimiento integral de los criterios técnicos que deben ser atendidos por los sectores industriales basados en el empleo de productos químicos, para lograr que todos los actores involucrados en el ciclo de vida de estas sustancias asuman responsabilidades compartidas y prevengan sus posibles impactos.

En tal sentido, este Ministerio pone a disposición de los interesados un paquete de **“Guías de Manejo Seguro y Gestión Ambiental para 25 sustancias químicas”**, para dotar a la población de conocimiento e información sobre los riesgos asociados al manejo de sustancias químicas peligrosas.

Las Guías constituyen un instrumento de referencia para empresas, industrias y sectores afines, de manera que sus niveles de producción mantengan estándares de calidad y competitividad, sin detrimento del ambiente y la salud humana.

El aprovechamiento de recursos naturales renovables en las actividades económicas y de producción nos obliga a estar vigilantes en el cumplimiento de las normas ambientales, pero también nos motiva a brindar apoyo institucional y asesoría técnica a todos los sectores. Más que una Guía, este documento es una herramienta de trabajo, enmarcada en criterios de sostenibilidad, solidaridad, responsabilidad social.

CECILIA RODRÍGUEZ GONZALEZ-RUBIO

Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

# Presentación

**Consejo Colombiano de Seguridad**

En el mundo de hoy, las sustancias químicas ocupan lugar preponderante en la mayoría de las actividades humanas. Su consumo ha aumentado en las últimas décadas y cada vez más el hombre diseña nuevos productos, con funciones y características específicas para el logro de objetivos especiales, como por ejemplo, diluyentes, colorantes, desengrasantes, plastificantes, catalizadores y reactivos de laboratorio, entre otros.

Sin embargo, a nivel mundial, un buen número de estas sustancias son consideradas peligrosas para la salud y el ambiente debido a sus características tóxicas, corrosivas, inflamables, explosivas, comburentes, oxidantes, radiactivas..., en fin, la lista es larga, por lo que se hace necesario estudiarlas más de cerca para conocer su comportamiento en las diferentes etapas del ciclo de vida.

El presente documento surge como una iniciativa de concientización para quienes de alguna u otra forma están relacionados con este tipo de materiales en el desarrollo de sus actividades diarias, con el ánimo de dar a conocer aspectos relevantes a tener en cuenta en el momento de manejarlas.

Para cada una de las 25 sustancias químicas seleccionadas se ha preparado una guía para su manejo seguro y gestión ambiental, con un alcance netamente informativo que sirva como base para adquirir los conocimientos generales de cada uno de estos materiales, en lo referente a sus propiedades, características de peligrosidad, efectos sobre la salud, medidas de prevención y respuesta ante emergencias.

Toda sustancia química debe ser asumida como un material que requiere manejo especial, a la cual nunca se le debe subestimar su grado de peligrosidad; por lo tanto, en primera instancia, es importante conocerla para saber cómo manejarla: aquello que usted ignora, puede en un momento dado llegar a afectarle.

En ese sentido, toda persona, ya sea natural o jurídica, es responsable por la forma como maneja estas sustancias en términos de seguridad y protección ambiental, así como de suministrar la información necesaria para la toma de decisiones que conduzcan a crear actitudes seguras.

Pensando en ello, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en convenio con el Consejo Colombiano de Seguridad, ponen a su disposición este compendio de guías para el manejo seguro y gestión ambiental de 25 sustancias químicas, seleccionadas teniendo en cuenta las necesidades del país.

Con ellas, estamos convencidos de que se brindarán los elementos fundamentales para orientar el manejo seguro y ambientalmente responsable de estas 25 sustancias químicas, con un grado tal de flexibilidad en su aplicación, que permita la sintonía necesaria con los objetivos propios de cada empresa o persona, así como con su voluntad y conciencia. Todo, en beneficio de la seguridad, salud y ambiente de nuestra población trabajadora y la comunidad en general.

RENAN ALFONSO ROJAS GUTIÉRREZ

Presidente Ejecutivo

Consejo Colombiano de Seguridad

# Tabla de contenido

## INTRODUCCIÓN

1.	GESTIÓN AMBIENTAL . . . . .	1
1.1.	POLÍTICA AMBIENTAL . . . . .	2
1.2.	PLANIFICACIÓN . . . . .	2
1.3.	IMPLEMENTACIÓN . . . . .	3
1.4.	OPERACIÓN . . . . .	4
1.5.	EVALUACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA . . . . .	4
1.6.	REVISIÓN Y MEJORA . . . . .	6
	BIBLIOGRAFÍA . . . . .	6
2.	ELEMENTOS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LOS IMPACTOS CAUSADOS POR SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS . . . . .	7
2.1.	CONSIDERACIONES PARA LA SUSTITUCIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS . . . . .	7
2.1.1.	Importancia asociada a la sustitución de sustancias químicas peligrosas . . . . .	7
2.1.2.	Metodología para la sustitución . . . . .	8
2.1.3.	Factores que debe satisfacer el proceso de sustitución . . . . .	10
2.1.4.	Fuentes de información . . . . .	10
2.2.	REDUCCION DE RESIDUOS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE PLANTAS QUÍMICAS POR MEDIO DE BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN . . . . .	11
2.2.1.	Introducción . . . . .	11
2.2.2.	Ventajas de la reducción de residuos . . . . .	11
2.2.3.	Implementación de un sistema de minimización de residuos . . . . .	12
2.2.4.	Estrategias para la reducción de residuos . . . . .	13
2.2.5.	Reducción de residuos por medio de la implementación de buenas prácticas de manufactura . . . . .	13
2.3.	MECANISMOS PARA EL CONTROL DE EMISIONES AL INTERIOR DE PLANTAS DE PROCESO . . . . .	15
2.3.1.	Introducción . . . . .	15
2.3.2.	Mecanismo número 1: buenas prácticas de manejo de equipos y operaciones . . . . .	16
2.3.3.	Mecanismo número 2: aislamiento del proceso u operación . . . . .	16
2.3.4.	Mecanismo número 3: operaciones de ventilación . . . . .	17
2.3.4.1.	Ventilación natural . . . . .	17
2.3.4.2.	Ventilación general de dilución . . . . .	17
2.3.4.3.	Ventilación de extracción . . . . .	18
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	19

3. MANEJO DE EMERGENCIAS CON SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS . . . . .	20
3.1. PREPARACIÓN . . . . .	20
3.1.1. Análisis de riesgos . . . . .	20
3.1.1.1. Identificación y caracterización de los peligros y las amenazas . . . . .	21
3.1.1.2. Análisis de vulnerabilidad por amenaza . . . . .	21
3.1.1.3. Evaluación del riesgo . . . . .	22
3.1.1.4. Definición de los escenarios de riesgo . . . . .	22
3.1.2. Organización del Plan de Emergencias . . . . .	22
3.1.3. Implementación y Mantenimiento del Plan de Emergencias . . . . .	26
3.2. RESPUESTA . . . . .	26
3.2.1. Respuesta a los incidentes . . . . .	27
3.2.1.1. Reconocimiento . . . . .	27
3.2.1.2. Evaluación . . . . .	27
3.2.1.3. Control . . . . .	27
3.2.1.4. Información . . . . .	27
3.2.1.5. Seguridad . . . . .	28
3.2.2. Respuesta específica a eventos . . . . .	28
3.2.2.1. Derrames . . . . .	28
3.2.2.2. Incendios . . . . .	30
3.2.2.3. Primeros auxilios . . . . .	31
3.2.3. Descontaminación de los equipos después de una emergencia . . . . .	32
3.2.4. Manejo ambiental en caso de un incidente . . . . .	32
3.2.5. Investigación de accidentes . . . . .	33
3.2.5.1. Tiempos . . . . .	33
3.2.5.2. Evidencias . . . . .	33
3.2.5.3. Identificación de las causas . . . . .	34
3.2.5.4. Testigos . . . . .	34
3.2.5.5. Informe del accidente . . . . .	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	36
4. GUIAS AMBIENTALES PARA SUSTANCIAS PELIGROSAS	
4.1. ACETONA . . . . .	37
4.2. ACIDO CLORHÍDRICO . . . . .	51
4.3. ACIDO NITRICO . . . . .	65
4.4. ACIDO SULFURICO . . . . .	79
4.5. AMONIACO . . . . .	97
4.6. ANHIDRIDO MALÉICO . . . . .	113
4.7. BENCENO . . . . .	129
4.8. CLORO . . . . .	141
4.9. 4-CLOROANILINA . . . . .	155
4.10. CLOROBENCENO . . . . .	165

4.11.	DICROMATO DE SODIO . . . . .	179
4.12.	DISULFURO DE CARBONO . . . . .	191
4.13.	ETILENDIAMINA . . . . .	207
4.14.	FENOL . . . . .	217
4.15.	FORMALDEHÍDO . . . . .	237
4.16.	HIDROSULFITO DE SODIO . . . . .	255
4.17.	HIDROXIDO DE SODIO . . . . .	263
4.18.	HIPOCLORITO DE SODIO . . . . .	277
4.19.	METANOL . . . . .	293
4.20.	MONOXIDO DE PLOMO . . . . .	309
4.21.	PERMANGANATO DE POTASIO . . . . .	319
4.22.	SOLVENTE No 2 . . . . .	329
4.23.	TETRACLOROETILENO . . . . .	341
4.24.	TOLUENDIISOCIANATO . . . . .	357
4.25.	TOLUENO . . . . .	371
GLOSARIO DE TÉRMINOS, SIGLAS Y ABREVIATURAS . . . . .		387
ANEXOS		
ANEXO I.	SELECCIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCION EN OPERACIONES CON SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS . . . . .	395
ANEXO II.	HOJA DE SEGURIDAD . . . . .	407
ANEXO III.	FRASES DE RIESGO (R) Y SEGURIDAD (S) . . . . .	413
ANEXO IV.	MARCO NORMATIVO . . . . .	418
ANEXO V.	PREVENCION DE LA DISCAPACIDAD . . . . .	424

# Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b>	Comparación de alternativas de sustitución . . . . .	<b>9</b>
<b>Tabla 2.</b>	Beneficios de la minimización de residuos . . . . .	<b>12</b>
<b>Tabla 3.</b>	Buenas prácticas de manufactura por procesos . . . . .	<b>13</b>
<b>Tabla 4.</b>	Matriz de priorización de riesgos . . . . .	<b>22</b>
<b>Tabla 5.</b>	Funciones asignadas a miembros de la estructura organizacional del plan de emergencia. . . . .	<b>24</b>
<b>Tabla 6.</b>	Principales fuentes de información antes y durante una emergencia que involucra sustancias químicas peligrosas. . . . .	<b>35</b>
<b>Tabla 7.</b>	Propiedades físicas para la Acetona. . . . .	<b>39</b>
<b>Tabla 8.</b>	Protección respiratoria mínima para Acetona en el aire. . . . .	<b>46</b>
<b>Tabla 9.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Acetona. . . . .	<b>47</b>
<b>Tabla 10.</b>	Propiedades físicas para el Ácido Clorhídrico. . . . .	<b>53</b>
<b>Tabla 11.</b>	Protección respiratoria mínima para Ácido Clorhídrico en el aire. . . . .	<b>61</b>
<b>Tabla 12.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Ácido Clorhídrico. . . . .	<b>62</b>
<b>Tabla 13.</b>	Propiedades físicas para el Ácido Nítrico. . . . .	<b>67</b>
<b>Tabla 14.</b>	Protección respiratoria mínima para Ácido Nítrico en el aire. . . . .	<b>74</b>
<b>Tabla 15.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Ácido Nítrico. . . . .	<b>76</b>
<b>Tabla 16.</b>	Propiedades físicas para el Ácido Sulfúrico. . . . .	<b>81</b>
<b>Tabla 17.</b>	Protección respiratoria mínima para Ácido Sulfúrico en el aire. . . . .	<b>91</b>
<b>Tabla 18.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Ácido Sulfúrico. . . . .	<b>92</b>
<b>Tabla 19.</b>	Propiedades físicas para el Amoníaco. . . . .	<b>100</b>
<b>Tabla 20.</b>	Protección respiratoria mínima para Amoníaco en el aire. . . . .	<b>109</b>
<b>Tabla 21.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Amoníaco. . . . .	<b>110</b>
<b>Tabla 22.</b>	Propiedades físicas para el Anhídrido Maléico. . . . .	<b>115</b>
<b>Tabla 23.</b>	Protección respiratoria mínima para Anhídrido Maléico en el aire. . . . .	<b>124</b>
<b>Tabla 24.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Anhídrido Maléico. . . . .	<b>126</b>
<b>Tabla 25.</b>	Propiedades físicas para la Benceno. . . . .	<b>131</b>
<b>Tabla 26.</b>	Protección respiratoria mínima para Benceno en el aire. . . . .	<b>137</b>
<b>Tabla 27.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Benceno. . . . .	<b>138</b>
<b>Tabla 28.</b>	Propiedades físicas para el Cloro. . . . .	<b>143</b>
<b>Tabla 29.</b>	Protección respiratoria mínima para Cloro en el aire. . . . .	<b>151</b>
<b>Tabla 30.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Cloro. . . . .	<b>151</b>
<b>Tabla 31.</b>	Propiedades físicas para la p-Cloroanilina. . . . .	<b>157</b>
<b>Tabla 32.</b>	Protección respiratoria mínima para p-Cloroanilina en el aire. . . . .	<b>162</b>
<b>Tabla 33.</b>	Propiedades físicas para el Clorobenceno. . . . .	<b>167</b>
<b>Tabla 34.</b>	Protección respiratoria mínima para Clorobenceno en el aire. . . . .	<b>174</b>
<b>Tabla 35.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Clorobenceno. . . . .	<b>175</b>
<b>Tabla 36.</b>	Propiedades físicas para el Dicromato de Sodio. . . . .	<b>181</b>
<b>Tabla 37.</b>	Protección respiratoria mínima para Dicromato de Sodio en el aire. . . . .	<b>187</b>
<b>Tabla 38.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Dicromato de Sodio. . . . .	<b>189</b>
<b>Tabla 39.</b>	Propiedades físicas para el Disulfuro de Carbono. . . . .	<b>193</b>

<b>Tabla 40.</b>	Protección respiratoria mínima para Disulfuro de Carbono en el aire. . . . .	<b>202</b>
<b>Tabla 41.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Disulfuro de Carbono. . . . .	<b>203</b>
<b>Tabla 42.</b>	Propiedades físicas para la Etilendiamina. . . . .	<b>209</b>
<b>Tabla 43.</b>	Protección respiratoria mínima para Etilendiamina en el aire. . . . .	<b>214</b>
<b>Tabla 44.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Etilendiamina. . . . .	<b>215</b>
<b>Tabla 45.</b>	Propiedades físicas para el Fenol. . . . .	<b>219</b>
<b>Tabla 46.</b>	Protección respiratoria mínima para Fenol en el aire. . . . .	<b>230</b>
<b>Tabla 47.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Fenol. . . . .	<b>231</b>
<b>Tabla 48.</b>	Propiedades físicas para el Formaldehído. . . . .	<b>240</b>
<b>Tabla 49.</b>	Protección respiratoria mínima para Formaldehído en el aire. . . . .	<b>249</b>
<b>Tabla 50.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Formaldehído. . . . .	<b>251</b>
<b>Tabla 51.</b>	Propiedades físicas para el Hidrosulfito de Sodio. . . . .	<b>257</b>
<b>Tabla 52.</b>	Protección respiratoria mínima para Hidrosulfito de Sodio en el aire. . . . .	<b>261</b>
<b>Tabla 53.</b>	Propiedades físicas para el Hidróxido de Sodio. . . . .	<b>265</b>
<b>Tabla 54.</b>	Protección respiratoria mínima para Hidróxido de Sodio en el aire. . . . .	<b>272</b>
<b>Tabla 55.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Hidróxido de Sodio. . . . .	<b>274</b>
<b>Tabla 56.</b>	Propiedades físicas para el Hipoclorito de Sodio. . . . .	<b>279</b>
<b>Tabla 57.</b>	Sustancias incompatibles con el Hipoclorito de Sodio. . . . .	<b>281</b>
<b>Tabla 58.</b>	Protección respiratoria mínima para Hipoclorito de Sodio en el aire. . . . .	<b>288</b>
<b>Tabla 59.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Hipoclorito de Sodio. . . . .	<b>290</b>
<b>Tabla 60.</b>	Propiedades físicas para el Metanol. . . . .	<b>295</b>
<b>Tabla 61.</b>	Protección respiratoria mínima para Metanol en el aire. . . . .	<b>304</b>
<b>Tabla 62.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Metanol. . . . .	<b>305</b>
<b>Tabla 63.</b>	Propiedades físicas para el Monóxido de Plomo. . . . .	<b>311</b>
<b>Tabla 64.</b>	Protección respiratoria mínima para Monóxido de Plomo en el aire. . . . .	<b>316</b>
<b>Tabla 65.</b>	Propiedades físicas para el Permanganato de Potasio. . . . .	<b>321</b>
<b>Tabla 66.</b>	Propiedades físicas para el Solvente Alifático No 2. . . . .	<b>331</b>
<b>Tabla 67.</b>	Protección respiratoria mínima para Solvente Alifático No 2 en el aire. . . . .	<b>338</b>
<b>Tabla 68.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Solvente Alifático No 2. . . . .	<b>339</b>
<b>Tabla 69.</b>	Propiedades físicas para el Tetracloroetileno. . . . .	<b>343</b>
<b>Tabla 70.</b>	Protección respiratoria mínima para Tetracloroetileno en el aire. . . . .	<b>352</b>
<b>Tabla 71.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Tetracloroetileno. . . . .	<b>353</b>
<b>Tabla 72.</b>	Propiedades físicas para el Toluendiisocianato. . . . .	<b>360</b>
<b>Tabla 73.</b>	Protección respiratoria mínima para Toluendiisocianato en el aire. . . . .	<b>367</b>
<b>Tabla 74.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Toluendiisocianato. . . . .	<b>368</b>
<b>Tabla 75.</b>	Propiedades físicas para el Tolueno. . . . .	<b>373</b>
<b>Tabla 76.</b>	Protección respiratoria mínima para Tolueno en el aire. . . . .	<b>382</b>
<b>Tabla 77.</b>	Usos, generación y control de emisiones de Tolueno. . . . .	<b>383</b>

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b>	Pasos metodológicos para la sustitución . . . . .	<b>8</b>
<b>Figura 2.</b>	Estrategias para la minimización de residuos . . . . .	<b>13</b>
<b>Figura 3.</b>	Estructura organizacional para la prevención y atención de emergencias . . . . .	<b>23</b>

# Introducción

Las sustancias químicas son ampliamente usadas en diferentes procesos productivos y aplicaciones especiales de la vida moderna y por tanto su uso se ha generalizado. Un número importante de sustancias químicas son consideradas peligrosas debido a propiedades o características que pueden afectar el ambiente y los seres vivos fundamentalmente, por tanto las operaciones de producción, uso, almacenamiento y transporte de estas sustancias significan un alto riesgo de afectación a la salud y al medio ambiente. En Colombia, los casos de emergencia que involucran este tipo de sustancias aumentan año a año según las estadísticas de los centros de información para situaciones de emergencia con productos químicos.

Siendo clara la necesidad nacional por lograr un manejo seguro y control de los riesgos e impactos ambientales ocasionados por las sustancias químicas, para el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial resulta importante la promoción, el desarrollo y la consolidación de conductas de responsabilidad por parte de las empresas productoras, comercializadoras, transportadoras y usuarios.

En consecuencia, en el marco del Convenio de Cooperación Técnica y Científica entre el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Consejo Colombiano de Seguridad, se elaboraron estas Guías para el Manejo Seguro y Gestión Ambiental de 25 Sustancias Químicas Peligrosas. Las sustancias para las cuales fueron elaboradas las guías, se seleccionaron principalmente en razón a sus características de peligrosidad al ambiente, a la cantidad manejada, al número de decomisos e incautaciones realizadas por entidades oficiales y a los reportes de accidentalidad en el territorio nacional.

Las guías son una herramienta de consulta y orientación para los actores que intervienen durante el ciclo de vida de estas sustancias, que proporciona información sobre identificación; propiedades físicas y químicas; producción, aplicaciones y usos; efectos sobre la salud; toxicología y ecotoxicología; respuesta a accidentes; niveles permisibles de exposición ocupacional; equipos de protección personal adecuados; condiciones de manejo y almacenamiento seguro; comportamiento en el ambiente, y lineamientos de gestión ambiental para su disposición. Adicionalmente, en los primeros capítulos se presentan lineamientos generales de gestión ambiental; prevención de impactos y riesgos, y manejo de emergencias.

Las guías están soportadas por una extensa búsqueda, revisión y recopilación de información nacional e internacional, por tanto, un aspecto a destacar es la relación de un número importante de referencias bibliográficas, en su mayoría con indicación del acceso a la información original a través de Internet, lo cual permite al usuario profundizar sobre un tema específico.

En concordancia con la Política Pública en Discapacidad 2003-2006 adoptada por el Gobierno Nacional se incluye el Anexo V sobre Prevención de la Discapacidad, el cual, en términos generales, invita a la protección en el manejo de las sustancias químicas.

# 1

## Gestión ambiental

Aunque se reconoce que los productos químicos han aportado al avance de la calidad de vida, existe un creciente interés y preocupación de la sociedad por el incremento de la comercialización de productos que contienen o son fabricados a partir de sustancias químicas peligrosas, teniendo en cuenta la contaminación potencial del ambiente y los riesgos para la salud humana durante el ciclo de vida de estos productos.

Consecuentemente, las organizaciones que dentro de sus actividades incluyen el uso, producción, transporte o almacenamiento de sustancias químicas, que ciertamente realizan actividades de alto riesgo y que están sometidas a esta percepción, deben ajustarse a una gestión adecuada para este tipo de productos, que atienda a los principios del desarrollo sostenible y al mejoramiento de la calidad de vida para la humanidad.

Una estrategia conveniente para responder a este desafío es la puesta en marcha de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) que, sin restarle importancia a los demás aspectos ambientales, incluya el control de los riesgos e impactos asociados con las sustancias químicas peligrosas.

Un SGA es un conjunto de herramientas de carácter administrativo, que permite coordinar y controlar los procesos, actividades o servicios a fin de minimizar el impacto adverso al ambiente. Se desarrolla a través de la participación de las personas directamente involucradas, y con una estructura organizacional que otorga los elementos y el apoyo necesarios.

Si se requiere un SGA puede ser validado o certificado bajo parámetros internacionales específicos. La BS7750, creada por el Instituto Británico de Normalización en 1992, fue la primera norma sobre sistemas de gestión ambiental. Luego, en 1994, la Comunidad Europea aprobó el Plan de Ecogestión y Auditoría Ambiental, EMAS; adicionalmente, en 1996, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) creó la norma ISO 14000.

La adecuada implementación de un SGA normalmente es garantía de:

- Prevención de la contaminación acompañada de mejora en productividad.
- Conformidad con las regulaciones ambientales aplicables.
- Conformidad con las exigencias de los clientes en materia ambiental.
- Acceso a nuevos mercados, principalmente mercados verdes internacionales.
- Mejora de la imagen empresarial ante partes interesadas: comunidad, autoridad ambiental, clientes, proveedores, accionistas, etc.
- Mejora continua del desempeño ambiental.

Los requerimientos de gestión que garantizan el adecuado funcionamiento de un SGA habitualmente están estructurados dentro de los siguientes elementos centrales:

- Política ambiental.
- Planificación.
- Implementación.

- Operación.
- Evaluación y acción correctiva.
- Revisión y mejora.

A continuación se describen estos elementos de gestión haciendo especial énfasis en su interacción con las sustancias químicas peligrosas:

### **1.1. POLÍTICA AMBIENTAL**

La política es el paso más significativo en la implementación de un SGA. Corresponde a una declaración por parte de la organización, en cabeza de la alta gerencia, de sus compromisos y propósitos en relación con el medio ambiente. Toda política ambiental debería incluir los compromisos de cumplimiento de requisitos legales, prevención de la contaminación y mejora continua del desempeño ambiental. Es fundamental que todo el personal la conozca y apropie, de modo que cada actividad se estructure y ejecute acatando sus lineamientos.

La puesta en práctica de esta declaración para una organización que maneja sustancias químicas peligrosas, significará que se identifiquen los aspectos e impactos ambientales relacionado con ellas junto con su estado de cumplimiento legal asociado y en consecuencia se implementen medidas de prevención y control ambiental.

### **1.2. PLANIFICACIÓN**

La etapa de planificación corresponde a la definición de objetivos ambientales y de un programa o programas de gestión ambiental para lograr su cumplimiento. El cumplimiento de los objetivos debe dar solución de los principales problemas ambientales de la organización.

Una forma sistemática para determinar los principales problemas asociados a las sustancias químicas peligrosas es por medio de la identificación de los aspectos ambientales en cada uno de los procesos en que están involucradas éstas. Entre los aspectos ambientales que involucran sustancias químicas peligrosas se pueden incluir como ejemplo:

- Operación con sustancias químicas corrosivas.
- Almacenamiento de sustancias químicas comburentes.
- Transporte de sustancias químicas inflamables.
- Consumo de sustancias químicas peligrosas.
- Emisiones atmosféricas por fuentes fijas, en operaciones unitarias, procesos químicos o sistemas de extracción de aire.
- Emisiones atmosféricas dispersas por fugas en equipos o almacenamiento inadecuado.
- Generación de agua residual industrial de operaciones unitarias, procesos químicos o actividades de mantenimiento.
- Generación de residuos peligrosos en operaciones unitarias o procesos químicos, o por inadecuado manejo o segregación de los materiales.

Para determinar cuáles aspectos ambientales son significativos es conveniente valorar y ponderar todos los aspectos ambientales. Los criterios de valoración pueden involucrar la gravedad del impacto, la ocurrencia, el grado de control, el estado de cumplimiento legal y la imagen pública, entre otros. En todos los casos la metodología de valoración debería dar un peso relevante al criterio de cumplimiento legal, de manera que se de prioridad a aquellos aspectos ambientales que impliquen incumplimiento. En el Anexo IV se presenta el Marco Legal aplicable a actividades que involucran el manejo de sustancias químicas peligrosas. En el Capítulo 4 "Guías ambientales para sustancias peligrosas" se presenta información de manejo y uso para 25 sustan-

cias peligrosas prioritarias en Colombia que puede servir de soporte para la valoración de los aspectos ambientales relacionados con ellas.

Ya que los aspectos ambientales significativos representan los principales problemas ambientales a los que se enfrenta una organización, deberían ser involucrados en los objetivos ambientales. Para definir el alcance de estos objetivos es conveniente tener en cuenta principalmente el nivel de exigencia de los requisitos legales o el nivel de mejoramiento al que se quiera llegar, pero además estos objetivos deben ser coherentes con las opciones tecnológicas, los requisitos financieros, operativos y de negocio, y los puntos de vista de partes interesadas tales como la comunidad afectada, los trabajadores y los clientes, entre otros.

Objetivos ambientales relacionados con sustancias químicas peligrosas pueden incluir:

- Disminución de la vulnerabilidad de la organización a sustancias químicas, mediante la implementación de sistemas de ingeniería y procedimientos operativos para la prevención y preparación ante emergencias.
- Reducción de uso de sustancias químicas peligrosas mediante optimización de operaciones unitarias y procesos químicos o mediante sustitución de materiales peligrosos.
- Eliminar la generación de residuos peligrosos por obsolescencia de materias primas peligrosas.
- Disminución de la generación de residuos peligrosos por fallas en operación o mantenimiento de equipos.
- Disminución del aporte de carga química contaminante a la planta de tratamiento de agua residual y a los sistemas de control de contaminación atmosférica mediante la adopción de controles de ingeniería y procedimientos operativos.
- Incrementar la reutilización de materiales peligrosos dentro de la empresa
- Incrementar la cantidad de residuos peligrosos recuperables fuera de la empresa.
- Aumentar el porcentaje de residuos peligrosos valorizables respecto a los no valorizables.
- Disminuir a cero el número de artículos de la legislación ambiental relacionados con sustancias químicas peligrosas que no cumple la organización.

Para garantizar que los objetivos se logren es conveniente establecer claramente, por medio de un programa o unos programas, las actividades necesarias para llegar a tal fin, y para cada actividad la especificación de los responsables, el tiempo de duración y fecha de terminación, y los recursos necesarios.

### **1.3. IMPLEMENTACIÓN**

Normalmente una organización ya cuenta con elementos administrativos, como son:

- Estructura organizacional establecida y funcionando.
- Responsabilidades claramente definidas para todos los cargos que incluyan el componente ambiental en los casos que aplique.
- Procedimientos que garanticen la identificación de las necesidades de entrenamiento y los requerimientos y evaluación de la competencia laboral de los empleados.
- Canales de comunicación adecuadamente definidos al interior de la organización y que permitan la interacción con partes interesadas externas.
- Procedimientos que garanticen el control de los documentos, incluyendo la adecuada identificación, uso y preservación de los registros ambientales o relacionados.

Si se requiere, estos elementos deberían ser mejorados o ampliados para dar cubrimiento al SGA, facilitando de esta manera la implementación de las actividades que hacen parte del programa o programas de gestión ambiental.

## 1.4. OPERACIÓN

Los procedimientos de control de los procesos para minimizar los impactos al medio ambiente y aquellos de preparación ante emergencias, se crean o se fortalecen con la ejecución de los programas de gestión ambiental.

Es necesario que estos procedimientos incluyan condiciones específicas de operación que cubran situaciones que pudieran conducir a desviaciones de la política o los objetivos ambientales y que estas condiciones sean monitoreadas permanentemente. Es conveniente que las actividades de mantenimiento hagan parte de estos procedimientos.

Procedimientos relacionados con control operacional y respuesta a emergencias con sustancias químicas peligrosas pueden incluir:

- Clasificación, etiquetado y rotulado de mercancías peligrosas.
- Transporte de sustancias químicas peligrosas.
- Inspección de vehículos de transporte de mercancías peligrosas.
- Carga y descarga de sustancias químicas peligrosas.
- Almacenamiento de materias primas y productos químicos peligrosos.
- Control de inventario de sustancias químicas peligrosas.
- Manipulación de sustancias químicas peligrosas.
- Orden y aseo en instalaciones en las que se manejen sustancias químicas peligrosas.
- Condiciones óptimas y seguras en operaciones unitarias y procesos químicos que utilizan sustancias químicas peligrosas.
- Mantenimiento de equipos críticos que involucren sustancias peligrosas.
- Inspección de instalaciones en donde se utilicen sustancias químicas peligrosas.
- Manejo de residuos peligrosos hasta su almacenamiento temporal.
- Almacenamiento temporal de residuos peligrosos.
- Tratamiento de residuos peligrosos.
- Disposición de residuos peligrosos.
- Plan de emergencias.
- Plan de evacuación.
- Plan de contingencia contra derrames o fugas.
- Plan de contingencia contra incendios.
- Realización y evaluación de simulacros.

En el Capítulo 2 “Elementos para prevenir los impactos por sustancias químicas peligrosas”, el Capítulo 3 “Manejo de emergencias con sustancias químicas peligrosas”, el Capítulo 4 “Guías ambientales para sustancias peligrosas” y el Anexo I “Selección de equipo de protección en operaciones con sustancias químicas peligrosas” se presenta información que puede servir de soporte para la implementación y operación de un SGA.

## 1.5. EVALUACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA

Para verificar que haya conformidad con los requisitos legales, con las condiciones específicas en los procedimientos de control operacional, con los objetivos propuestos y en general, para la evaluación del desempeño ambiental de la organización, es necesario el levantamiento de indicadores de gestión ambiental, para cuya conformación es indispensable el tratamiento de la información consignada en los registros ambientales.

Los indicadores ambientales se pueden clasificar en Indicadores de Desempeño Ambiental Gerencial (IDG) y en

Indicadores de Desempeño Ambiental operacional. Los IDG proporcionan información acerca de los esfuerzos de la gerencia por influir en el desempeño ambiental de la organización. Los IDO suministran información acerca del desempeño ambiental de las operaciones de la organización. A continuación se presentan algunos ejemplos de IDO e IDG relacionados con sustancias químicas peligrosas:

Indicadores de Desempeño Ambiental Gerencial:

- Número de objetivos alcanzados.
- Número de iniciativas de prevención de la contaminación implementadas.
- Número de empleados que participan en programas ambientales.
- Número de proveedores de sustancias químicas con SGA implementado o certificado.
- Número de productos químicos fabricados con instrucciones concernientes a uso y disposición final ambientalmente seguros.
- Grado de cumplimiento de los requisitos legales.
- Costos atribuibles a multas y sanciones.
- Número de simulacros de emergencia realizados.
- Retorno sobre la inversión de proyectos de mejoramiento ambiental.
- Ingresos por ventas atribuibles al mejoramiento de las condiciones de seguridad de transporte y almacenamiento de las sustancias químicas fabricadas.
- Número de inquietudes o comentarios por parte de la comunidad sobre el desempeño ambiental de la organización.
- Número de reportes de prensa sobre el desempeño ambiental de la organización.

Indicadores de Desempeño Ambiental Operacional:

- Número de casos de incumplimiento a procedimientos de control operacional.
- Cantidad de materiales peligrosos usados en el proceso de producción.
- Cantidad de materia prima peligrosa usada por unidad de producto.
- Cantidad de materiales reciclados o reutilizados.
- Cantidad de materiales peligrosos usados por los proveedores de servicios contratados.
- Número de eventos de emergencia que involucren sustancias químicas peligrosas.
- Número de horas de mantenimiento preventivo al equipo por año.
- Número de productos químicos introducidos en el mercado con menos propiedades peligrosas.
- Cantidad de residuos peligrosos por año o por unidad de producto.
- Cantidad de residuos peligrosos reutilizables o recuperables producidos por año.
- Total de residuos peligrosos para disposición final.
- Cantidad de residuos peligrosos almacenados en las instalaciones de la organización.
- Cantidad de residuos peligrosos convertidos a material reutilizable, por año.
- Cantidad de residuos peligrosos eliminados debido a sustitución del material.
- Carga de sustancias químicas peligrosas descargadas en aguas residuales o en emisiones atmosféricas, por año.
- Cantidad de sustancias químicas peligrosas descargadas en aguas residuales o en emisiones atmosféricas, por unidad de producto.

Otra herramienta importante de verificación es la auditoría ambiental. Una auditoría ambiental es un proceso de sistemático, documentado y objetivo para determinar si se cumplen los requisitos establecidos por la organización, que hacen parte del SGA. Se recomienda que por lo menos una vez al año se realice una auditoría. Normalmente el informe de auditoría es un documento de entrada al proceso de revisión gerencial.

Cuando se identifica alguna no conformidad (no cumplimiento) con los requisitos especificados por la organiza-

ción, es conveniente identificar la causa principal (causa raíz) del problema para tomar medidas correctivas (acciones correctivas) que sean coherentes con la magnitud del problema y el impacto ambiental encontrado, de manera que se prevenga la recurrencia de la no conformidad. Cuando se presenten situaciones en las que se dificulte la identificación de la causa raíz es recomendable utilizar metodologías de análisis de problemas tales como los Diagramas Causa-Efecto, el Diagrama de Pareto o los Cinco Por Qué, entre otros.

## 1.6. REVISIÓN Y MEJORA

Es conveniente que regularmente, al menos una vez al año, la dirección de la organización revise el SGA para analizar su efectividad y sus resultados. Esta revisión debería basarse en los resultados de las auditorías internas, los informes sobre el estado de cumplimiento de los requisitos legales y el plan estratégico de la compañía. En este caso los IDG y los IDO también son una herramienta importante para la toma de decisiones

El informe de revisión gerencial debería incluir decisiones que permitan el mejoramiento del desempeño ambiental, como por ejemplo la inclusión de nuevos objetivos más exigentes y la actualización de la política ambiental.

Las revisiones gerenciales del sistema, deberían ser un componente crítico de la planeación estratégica del negocio. En un sistema bien administrado, las revisiones gerenciales normalmente están enlazadas con las revisiones del desempeño del negocio, con los presupuestos, con las proyecciones de ganancias y pérdidas, etc.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ludevid M. *El cambio global en el medio ambiente. Introducción a sus causas humanas*. México. Alfaomega marcombo. 1998. 317 p.
2. Cascio J, Woodsisde G, Mitchel P. *Guía ISO 14000. las nuevas normas internacionales para la administración ambiental*. México. McGraw Hill. 1997. 215 p.
3. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Sistemas de Administración Ambiental. Especificaciones con guía para uso*. Bogotá. Icontec. 1996, 22 p. (NTC ISO 14001)
4. Freeman HM. *Manual de Prevención de la Contaminación Industrial*. México. McGraw Hill. 1998. 917 p.
5. *E&P Forum. Guidelines for the Development and Application of Health, Safety and Environmental Management Systems. Report No. 6.36/210*. London. 1994. 45 p.
6. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Gestión Ambiental. Evaluación del Desempeño Ambiental. Directrices*. Bogotá. Icontec. 2000, 44 p. (NTC ISO 14031)
7. Woodsid G, Aurrichio P. *Auditoría de sistemas de gestión medioambiental. Introducción a la norma ISO 14001*. España. McGraw Hill. 2001. 236 p.

## 2

# Elementos de prevención y control de los impactos causados por sustancias químicas peligrosas

La prevención y el control de los impactos causados por sustancias químicas peligrosas son elementos clave en un Sistema de Gestión Ambiental. Actualmente la tendencia internacional se enfoca a la sustitución de estas sustancias por otras menos peligrosas para la salud y el ambiente. Sin embargo, en muchos casos las restricciones tecnológicas y de diseño de los productos finales para el consumidor limitan la opción de sustitución.

En los casos en que la sustitución no sea una opción, la prevención y el control de los impactos al ambiente implica identificar opciones de minimización del uso de las sustancias peligrosas, de control de las emisiones al interior de las plantas químicas, de valoración de los residuos peligrosos generados y como última opción, de tratamiento y disposición responsable. Las prácticas de gestión específicas escogidas deben ser apropiadas a las características de la sustancia química o residuo; a las características del sitio y de los procesos, y a la disponibilidad de instalaciones de reutilización, recuperación, tratamiento o disposición.

A continuación se presentan elementos de prevención y control de los impactos de sustancias químicas peligrosas: consideraciones para sustitución; reducción de residuos, y mecanismos para el control de emisiones al interior de plantas de proceso.

### 2.1 CONSIDERACIONES PARA LA SUSTITUCIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS<sup>(1)</sup>

#### 2.1.1 Importancia asociada a la sustitución de sustancias químicas peligrosas

Japón, Canadá, Estados Unidos, Europa Occidental y los países nórdicos, centran el desarrollo de sus nuevos procedimientos de producción en tecnologías limpias con el mínimo impacto ambiental. Adicionalmente, estos países promueven la compra y comercialización de productos que se generen de esta manera y ejercen una fuerte presión en aquellas compañías de todo el mundo, que quieran llegar a sus mercados, de manera que éstas garanticen métodos de producción seguros tanto desde el punto de vista ocupacional como ambiental.

La eliminación de riesgos e impactos debidos al manejo de una sustancia química peligrosa se logra sustituyendo ese insumo químico o el producto que lo contiene por otro que presente un riesgo menor. Aunque la sustitución es el método más directo para la reducción de peligro, no siempre es práctica. Se debe realizar una evaluación muy cuidadosa antes de llevar a cabo cualquier plan de sustitución para asegurar que un químico nuevo alternativo no posea un peligro mayor que el producto que se usa en la actualidad.

La inversión asociada a la sustitución de sustancias químicas peligrosas, normalmente es compensada al lograr desarrollar procesos más rentables, con menos impacto ambiental y con mejores condiciones de seguridad industrial.

En general, la sustitución podría conducir hacia los siguientes beneficios:

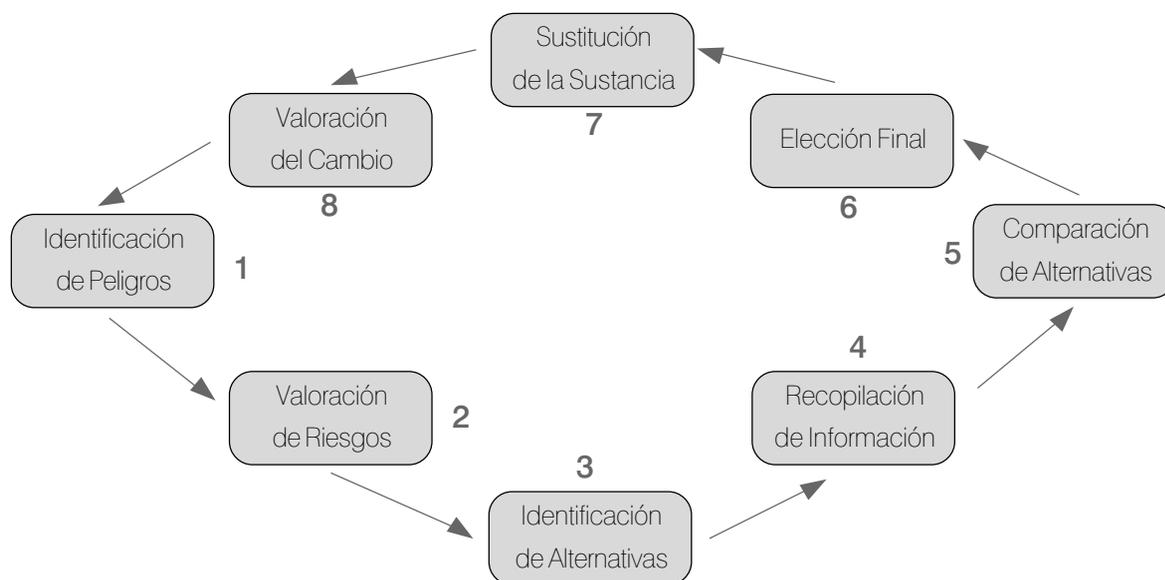
- Mejoramiento de las condiciones para la salud de los trabajadores a corto y largo plazo.
- Reducción de la contaminación ambiental.
- Disminución de costos por ausentismo laboral.
- Disminución de costos asociados a operación y mantenimiento de sistemas de control.
- Disminución de costos relacionados con el cumplimiento de requisitos legales.
- Ahorro de recursos asociados a prevención de y preparación ante emergencias.
- Reducción del consumo de materias primas.
- Uso de materiales más económicos.
- Procesos más eficientes.

### 2.1.2. Metodología para la sustitución

La ejecución de un proyecto de sustitución debe ser liderado por profesionales calificados, con alto nivel de conocimiento en el manejo de químicos. En organizaciones de gran tamaño, el proceso de selección puede involucrar un comité con representantes de las áreas de producción, ingeniería, mantenimiento, seguridad industrial, medio ambiente, compras y/o las demás que deban tomar decisiones al respecto. También es conveniente la participación de supervisores y personal de base involucrados en el cambio.

La metodología para el desarrollo de un proceso de sustitución no es compleja; incluye una serie de pasos lógicos que hacen parte de un ciclo de mejoramiento continuo. Los pasos metodológicos básicos se describen a continuación:

Figura 1. Pasos metodológicos para la sustitución



**1- Identificación de Peligros y Valoración de Riesgos.** Este paso involucra la decisión de qué sustancia o proceso actual representa un riesgo. Un peligro se define como el potencial inherente a una sustancia o un proceso que puede afectar las personas o el medio ambiente. El riesgo tiene que ver con la probabilidad de que esto ocurra. Para mayor claridad al respecto ver la sección 3.1.1 "Análisis de riesgos".

**2- Identificación de Alternativas.** Búsqueda de opciones de sustitución de las sustancias químicas que se han identificado con nivel de riesgo significativo para la salud y el ambiente. La búsqueda puede hacerse utilizando las fuentes de información enumeradas en la Sección 2.1.4, o a través de bases de datos especializadas en los procesos industriales específicos.

**3- Recopilación de Información.** Este paso es indispensable para hacer comparaciones objetivas de las alternativas identificadas. La elección de una sustancia química alternativa puede requerir cambios en aspectos enumerados en seguida y por tanto es necesario tener la información a disposición:

- La forma como se realiza el trabajo
- El tipo de equipo o partes de equipo necesarios para hacer compatible el proceso con el químico sustituto
- El sistema de ventilación que se puede requerir
- Los métodos de disposición de residuos
- Los requerimientos regulatorios que puedan aplicar

**4- Comparación de Alternativas.** En este paso, se comparan las alternativas entre sí y con la sustancia o proceso que se usa actualmente. En casos específicos, es difícil comparar los riesgos de un químico muy inflamable con los uno muy tóxico. Se recomienda pensar en los efectos en términos simples como por ejemplo ¿Va el sustituto a explotar o a envenenar personas? ¿Sólo afectará a las personas que trabajen con él o afectará otras persona en el área? Además de las implicaciones ambientales y a la salud, a la hora de reemplazar una sustancia química peligrosa se debe evaluar el grado de impacto que tendrá la nueva sustancia sobre el proceso.

Una metodología factible a la hora de realizar la comparación entre las diferentes propuestas consiste, en la elaboración de una comparativa (Ver Tabla 1) basada en criterios de selección, la cual facilita el análisis de los factores que pueden intervenir en la selección.

**Tabla 1. Comparación de alternativas de sustitución**

CRITERIO	MEDIDAS ALTERNAS DE CONTROL		
	SITUACIÓN ACTUAL	OPCIÓN 1	OPCION 2
Riesgo ambiental de la sustancia			
Riesgo ambiental del sustituto			
Riesgo a la salud de la sustancia			
Riesgo a la salud del sustituto			
Costo o beneficio para el productor			
Costo o beneficio para el usuario			
Costo o beneficio para el productor del sustituto			
Otros factores (cargos administrativos, empleos)			

**5- Decisión.** Este paso representa la mayor dificultad. Se debe recordar que el cambio en un proceso puede afectar muchos otros. Se recomienda consultar con los trabajadores que estarán encargados de la manipulación directa. Es conveniente verificar el comportamiento del sustituto a escala de laboratorio y de planta piloto antes de su introducción a la actividad o proceso.

**6- Introducción del Sustituto.** Se debe planear el cambio del material o proceso tomando las medidas de seguridad necesarias. Se debe entrenar a los trabajadores involucrados.

**7- Valoración del Cambio.** Se debe verificar el proceso para ver si la sustitución ha producido los resultados esperados. Se deben hacer valoraciones con base en el análisis de monitoreos de tipo ambiental y ocupacional.

### 2.1.3. Factores que debe satisfacer el proceso de sustitución

La sustitución debe tener en cuenta los siguientes factores:

- 1- Efectividad.** El material sustituto deberá cumplir con los requerimientos técnicos para el trabajo o proceso (por ejemplo solubilidad, tiempo de secado).
- 2- Compatibilidad.** El material sustituto no debe interferir con el proceso, o reaccionar con los otros materiales o el equipo.
- 3- Control de Proceso.** Los métodos de control de los procesos existentes deben aceptar al material sustituto. En caso contrario, se debe evaluar la posibilidad de realizar cambios en ellos, ya sea reemplazándolos o ajustando los equipos y/o las variables de control.
- 4- Manejo de Residuos.** El sistema de control y disposición de residuos de la instalación debe responder ante los requerimientos técnicos y regulatorios cuando se trabaje con cualquier residuo creado por el uso del material sustituto.

### 2.1.4. Fuentes de información

La identificación de información necesaria es una pieza clave en el éxito de un proceso de sustitución. Por tal motivo se deben consultar fuentes de información de buena calidad. Estas incluyen entidades públicas o privadas de carácter nacional e internacional, tales como autoridades ambientales y de salud, organizaciones no gubernamentales, gremios, universidades, centros de investigación y proveedores de insumos químicos. La mayoría de estos lugares poseen páginas en Internet que pueden ser consultadas de manera gratuita y presentan gran cantidad de información.

A continuación se presentan algunas de las instituciones donde se puede acceder a información pertinente para el proceso de sustitución de sustancias químicas peligrosas. Estas entidades disponen de hojas de seguridad, monografías, estudios y demás documentos útiles en el proceso de identificación y selección de información.

- 1- Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. <http://www.minambiente.gov.co/>
- 2- Ministerio de la Protección Social. <http://www.presidencia.gov.co/ministerios/trabajo.htm>
- 3- Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA). <http://www.dama.gov.co/>
- 4- Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). <http://www.ccseguri.com/>
- 5- Organización Internacional del Trabajo (OIT). <http://www.ccseguri.com/>
- 6- Centro Nacional de Producción mas Limpia (CNPML). <http://www.cnpml.org/>
- 7- Programa Medioambiental del las Naciones Unidas (UNEP). <http://www.unep.org/>
- 8- Organización Mundial de la Salud (OMS). <http://www.who.int/>
- 9- Oficina Europea de Químicos (ECB). <http://ecb.jrc.it/>
- 10- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). <http://ecb.jrc.it/>
- 11- Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH). <http://www.acgih.org/>
- 12- Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (DHHS). <http://www.hhs.gov/>
- 13- Agencia Internacional para Investigación Sobre Cáncer (IARC). <http://www.iarc.fr/>
- 14- Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos (NIOSH). <http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html>
- 15- Administración de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional (OSHA). <http://www.osha.gov/>

- 16- Agencia para Sustancias Peligrosas y Registro de Enfermedades de los Estados Unidos (ATSDR). <http://www.atsdr.cdc.gov/>
- 17- Centro Canadiense para la Seguridad y Salud Ocupacional (CCOHS). <http://www.ccohs.ca/>
- 18- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). <http://www.cepis.org.pe/>
- 19- Merck Industries. <http://www.merck.com/>
- 20- J.T. Baker. <http://www.jtbaker.com/>
- 21- Sigma-Aldrich. <http://www.sigmaaldrich.com>
- 22- Universidad de Oxford. <http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/hightoxicity.html>, <http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/>
- 23- Universidad de Princeton. <http://www.princeton.edu/~ehs/MSDS.htm>

## **2.2 REDUCCION DE RESIDUOS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE PLANTAS QUÍMICAS POR MEDIO DE BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN <sup>(2,3,4,5,6)</sup>**

### **2.2.1. Introducción**

La minimización de residuos es el proceso de reducir o eliminar la generación de cualquier residuo sólido, líquido o gaseoso antes de que el material sea tratado, almacenado o dispuesto.

Es probable que el método más sencillo de minimización de residuos consista en realizar cambios en la administración interna, tales como la separación de residuos tóxicos, el barrido del suelo previo a su lavado o el entrenamiento del personal en relación a las implicaciones que sus acciones suponen para lograr una reducción eficaz de los residuos producidos. Solamente después de tomar estas medidas relativamente económicas se debería proceder a estudiar la posibilidad de realizar alteraciones en el producto o en los procesos de producción.

En la Sección 2.1 "Consideraciones para la sustitución de sustancias químicas" se presenta una metodología que puede servir como guía para aquellos interesados en el tema de reducción de generación de residuos peligrosos por medio de su sustitución.

Aunque las acciones orientadas a minimizar residuos procedentes de procesos y operaciones industriales se pueden realizar comprometiendo diferentes y más profundos niveles del proceso, y a veces ésta es la única opción, en esta sección únicamente se profundizará en aquellas acciones que se deben realizar previamente a las modificaciones de variables de operación, cambio de equipos, variaciones en las formulaciones de los productos y sustitución de sustancias químicas peligrosas.

### **2.2.2. Ventajas de la reducción de residuos**

La reducción de residuos en una industria, sean estos peligrosos o no, constituye la principal herramienta para solucionar problemas ambientales de emisiones, vertimientos y residuos sólidos, y una posibilidad para la reducción de costos.

La generación de un residuo representa, entre otras cosas, una parte de las materias primas que no fue aprovechada o usada correctamente, una parte del producto principal de la empresa sobre el cual no se tiene ninguna ganancia, un costo de producción adicional por concepto de necesidades de tratamiento y eliminación o un desecho sobre el que se deben pagar obligaciones tributarias al estado. Por tal motivo, desde cualquier punto de vista, la minimización en la generación de estas corrientes debe representar un paso en la optimización y buen funcionamiento de una compañía <sup>(1,2,5)</sup>.

Son variados los beneficios asociados con un programa de minimización de residuos:

**Tabla 2. Beneficios de la minimización de residuos**

<b>Económicos</b>	Ahorros en aprovechamiento de materias primas Reducción de costos por disposición Reducción de costos por tratamiento
<b>Legales</b>	Disminución de costos por sanciones
<b>Responsabilidad</b>	Seguridad de los trabajadores Seguridad en problemas ambientales de plantas de tratamiento, almacenamiento, transporte y disposición
<b>Imagen Pública</b>	Imagen ante la comunidad, los empleados, las autoridades ambientales y las demás partes interesadas

Fuente Manejo Seguro de Residuos y Emisiones<sup>(2)</sup>

### 2.2.3. Implementación de un sistema de minimización de residuos

Por lo general, toda empresa, planta de transformación química o bodega de almacenamiento genera residuos debido a su operación. Como se mencionó antes, estos residuos representan costos asociados con la operación que se realiza y como tal afectan entonces a todas las áreas de la organización. Por esta razón, todos los esfuerzos enfocados hacia la minimización de residuos deben ser producto de un plan empresarial común y sistemático que permita la conservación de las técnicas y metodologías generadas en la búsqueda de la reducción de la generación de los residuos a lo largo del tiempo.

Las metodologías de trabajo existentes son producto todas del sentido común y no presentan grandes complicaciones en su desarrollo, lo cual debe ser siempre una filosofía de trabajo. Las acciones propuestas entonces para generar una estrategia de minimización de residuos, se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- 1- Conformación del equipo de trabajo:** Es importante la presencia de operarios, supervisores, investigadores y desarrolladores, ingenieros y personal relacionado con el área ambiental. Todos ellos son necesarios debido a que cubren diferentes áreas de trabajo que son complementarias.
- 2- Balance de materia:** Los balances de materia son una herramienta que permite evidenciar la existencia y cuantificación de todas las corrientes de un proceso y de esta forma hace notorias las pérdidas y su origen.
- 3- Identificación, caracterización y establecimiento de prioridades de las corrientes de residuos:** Se debe conocer completamente cada una de las corrientes y operaciones que componen el proceso global. Solo así se logra jerarquizar y atacar primero las fuentes mayores de la manera más apropiada.
- 4- Desarrollo de diagrama de causa – efecto:** Para cada corriente escogida, se debe realizar una determinación de las causas probables que contribuyan a la generación del residuo y los efectos específicos que puedan representar.
- 5- Estimación, evaluación y recomendaciones alternativas:** En esta etapa se realiza un planteamiento de las estrategias para eliminar la generación.
- 6- Implementación:** Abarca la exposición de la estrategia elegida ante los representantes gerenciales, la aprobación de costos y la implementación de cambios.

7- **Seguimiento:** Se debe mantener registro de los datos y evaluar logros y alcances una vez implementado el sistema. Esto permite realizar una retroalimentación para posteriores ciclos de mejoramiento.

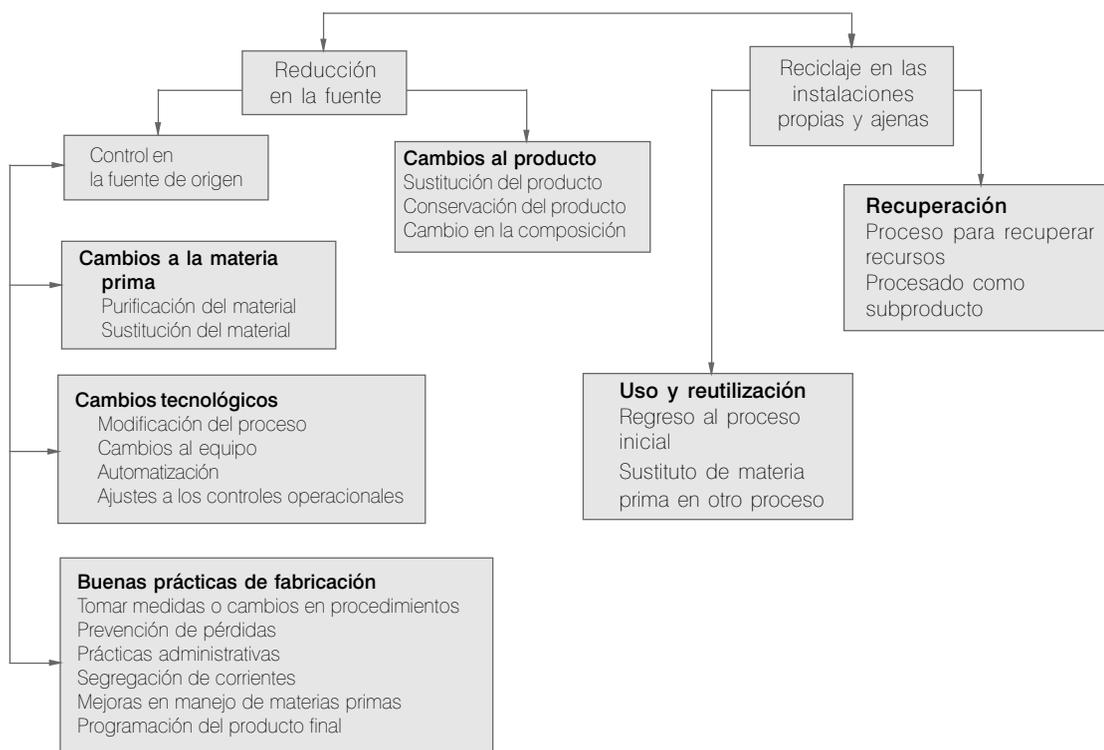
#### 2.2.4. Estrategias para la reducción de residuos

Las acciones correctivas o preventivas que generalmente se emplean para implementar un sistema de reducción de residuos trabajan en diferentes niveles:

- 1- Evitar completamente la generación de residuos.
- 2- Reducir los residuos en las fuentes generadoras.
- 3- Reutilizar productos.

Las técnicas de minimización se enfocan en la reducción en el origen o en la recuperación y reciclado como medios para disminuir volumen y/o toxicidad de los residuos presentes. De esta forma, la clasificación general de las técnicas se hace de acuerdo con su ubicación en reducciones en la fuente o reciclaje <sup>(5)</sup>. Las estrategias de minimización se ilustran en la siguiente figura:

**Figura 2. Estrategias para la minimización de residuos**



#### 2.2.5. Reducción de residuos por medio de la implementación de buenas prácticas de manufactura

Una técnica inicial y de bajo costo en la minimización de generación de residuos consiste en la implementación de una filosofía de buenas prácticas de manufactura. Este tipo de actividad pretende reducir la generación de residuos peligrosos sin la implementación de nueva tecnología o equipos por medio del control de factores humanos y organizativos en la producción.

Una buena técnica de aplicación de las buenas prácticas de manufactura consiste en la discriminación de un proceso en sus diferentes etapas para identificar en cada una de ellas las posibles fuentes generadoras de

residuos que se pueden controlar usando procedimientos sencillos y adecuados. La siguiente tabla se presenta como ejemplo, y muestra la aplicación de esta técnica a un proceso de transformación química.

**Tabla 3. Buenas prácticas de manufactura por procesos**

ETAPA	FOCO	RECOMENDACION
Programación	Falta de comunicación entre departamentos	Coordinación de actividades para evitar la compra de material en exceso
		Reducir la variedad de materias primas usadas en la planta
		Dedicar equipos de proceso para un solo producto
Selección y Compra de Materias Primas	Materias primas fuera de especificación	Aplicación de control de calidad en la compra
		Uso de materias primas de la mejor calidad disponible
	Exceso en la compra de materias primas	Control de inventarios
		Planificación del proceso
Materias primas peligrosas	Aplicar metodología de sustitución de sustancias químicas peligrosas	
Cargue y Descargue	Fugas en mangueras de llenado y de conexiones de líneas de carga	Mantenimiento de equipos
		Efectuar conexiones de tuberías de forma correcta
	Drenaje de líneas de llenado	Recolección de sustancias remanentes en tuberías dentro de recipientes limpios para reutilización
	Contenedores agujereados, con escapes u oxidados	Instaurar programas de mantenimiento de contenedores y recipientes
	Válvulas, tuberías bombas con escapes	Mantenimiento de líneas de conducción Verificación de conexiones
	Manipulación deficiente o inadecuada	Elaborar manuales para procedimientos de cargue, descargue y transferencia
Diseño de rampas adecuadas para cargue y descargue		
Almacenamiento	Sobrellenado de tanques	Instalar alarmas de rebose de tanques y revisarlas periódicamente
	Alarmas de inundaciones en mal estado o inadecuadas	Mantenimiento y verificación de equipo de control
	Bombas, válvulas, tanques, contenedores y tuberías con escapes	Establecer procedimientos de detección, contención y saneamiento de derrames
		Mantener contenedores herméticamente cerrados
		Instaurar programas de mantenimiento de contenedores y recipientes
Elaborar informes de derrames y sus costos asociados		
Procedimientos de traslado de material inadecuados	Elaboración de manuales de procedimientos	
Empaques y contenedores no identificados	Etiquetar todos los contenedores y empaques	

**Tabla 3. Buenas prácticas de manufactura por procesos (continuación)**

ETAPA	FOCO	RECOMENDACION
Almacenamiento	Materias primas dañadas	Uso de inventarios más antiguos primero que los recientes
		Mantener distancias apropiadas entre productos incompatibles
		Ordenar contenedores de acuerdo a su peligrosidad y grado de uso
Procesamiento	Filtración de tanques de proceso	Inspección y mantenimiento de equipos
	Equipos de proceso operados o mantenidos de manera inadecuada	Inspección periódica de los equipos
		Llevar historial de los equipos
	Válvulas, tuberías y bombas con escapes	Establecer procedimientos de detección, contención y saneamiento de derrames
		Mantenimiento de líneas de conducción
		Elaborar informes de derrames y sus costos asociados
	Derrames en los tanques de proceso	Disponer de hojas de seguridad en la zona inmediata
	Diques inadecuados	Verificación y evaluación de los requerimientos reales del dique
	Drenajes abiertos	Evitar la filtración de sustancias químicas por drenajes de alcantarillado
	Mezcla de residuos	Separar residuos en la etapa de proceso que se generan
Separar los residuos sólidos de los líquidos.		
Separar materiales peligrosos de los no peligrosos		
Discriminar residuos por su constituyente principal		
Sistemas de control de contaminación particulares y no centralizados		
Limpieza	Limpieza de tanques y de equipos	Evitar rotaciones frecuentes para disminuir la cantidad de efluentes de lavado
Comercialización	Fugas del empaque	Utilizar empaques de acuerdo con las características del producto
	Empaques no adecuados	Tamaño del empaque proporcional a la cantidad solicitada. Material del empaque resistente a la sustancia

## 2.3. MECANISMOS PARA EL CONTROL DE EMISIONES AL INTERIOR DE PLANTAS DE PROCESO <sup>(7,8,9)</sup>

### 2.3.1. Introducción

El control de las emisiones atmosféricas en estaciones de trabajo y transformación química es necesario para proteger la salud de los operarios y personal relacionado con las actividades que en ellas se realizan. Este tipo de contaminantes ingresan al organismo primordialmente por vía nasal y aunque su afectación principal se encuentra a nivel del sistema respiratorio, pueden tener efectos sobre otros sistemas, especialmente si se está expuesto a

ellos de forma prolongada por buena parte de la vida de una persona, como en el caso de operarios que a diario trabajan en estas zonas.

Este anexo está orientado a generar las bases necesarias para adquirir los criterios requeridos en el proceso de selección de un sistema de control de emisiones en plantas de proceso, donde los trabajadores pueden estar expuestos a polvo, humo, vapores o gases, sean ellos tóxicos o sólo molestos para la salud.

Se pretende mostrar en forma breve las distintas alternativas de control de emisiones viables en diferentes situaciones laborales que pueden afectar la salud e integridad física de operarios y otras personas que trabajen dentro de instalaciones de almacenamiento, producción y transformación química. La determinación de la infraestructura necesaria en cada lugar se debe realizar por profesionales especializados en el tema.

Existen algunos mecanismos válidos para el control de emisiones en atmósferas de trabajo, pero todos ellos requieren que previamente se haya evaluado por personal experto todas y cada una de las operaciones y procesos realizados en las instalaciones con el fin de identificar los riesgos presentes en cada situación específica. Por lo tanto, el primer paso para instaurar cualquier control de emisiones consiste en una identificación clara de todas las áreas de la planta, almacén o instalación química.

### **2.3.2. Mecanismo número 1: buenas prácticas de manejo de equipos y operaciones**

Muchas de las emisiones se pueden evitar llevando un control estricto. Operaciones mal desarrolladas, equipos y artefactos defectuosos o en mal estado como bombas, tubería, tanques mal sellados o incluso malos procedimientos de manejo, pueden provocar que la cantidad de sustancias inmersas en el aire aumente, aumentando así el riesgo para el personal en el área de trabajo. Por esta razón, el primer mecanismo recomendado de control de emisiones consiste en la inspección de equipos para verificar su estado de funcionamiento. Este procedimiento debe ir acompañado de un replanteamiento de la forma cómo se realizan los procesos y operaciones para generar propuestas de minimización del contacto de las sustancias contaminantes con la atmósfera de la instalación.

Los lugares claves en el momento de realizar una inspección en busca de escapes o fallas en equipos incluyen bridas y uniones de tuberías entre sí y con otros equipos; válvulas de acceso de sustancias; sellos de tanques y reactores; almacenes de reactivos y lugares de carga y descarga de sustancias. Este tipo de equipos y lugares de manejo de sustancias químicas debe estar incluido dentro de un plan general de revisión de instalaciones que puedan presentar problemas a la salud de los trabajadores en un momento dado.

Como norma general, los equipos deben estar en buen estado y debidamente conectados, no deben presentar corrosión y ellos mismos no deben ser generadores de emisiones, como en el caso de fugas de aceites y combustible en bombas de vacío o de presión positiva. Para el caso de almacenes, los contenedores deben permanecer bien cerrados para evitar fuga de gases o de vapores de líquidos volátiles. Las sustancias sólidas que puedan presentar generación de polvo se deben mantener en sacos resistentes de papel, plástico u otro material.

Debido a que este tipo de recomendaciones por lo general no requiere la compra de equipo adicional al proceso en las instalaciones sino de buenos planes de gestión y administración, este mecanismo de control de emisiones se debe instaurar primero que cualquier otro.

### **2.3.3. Mecanismo número 2: aislamiento del proceso u operación**

Los agentes nocivos se pueden aislar para que no entren en contacto con los trabajadores. Dicho aislamiento se puede realizar interponiendo entre el trabajador y el agente nocivo una barrera o pantalla. En el espacio aislado se acostumbra usar sistemas de extracción de aire, lo que en conjunto es muy efectivo para el control de emisiones peligrosas.

Si en un proceso de trabajo existen operaciones más peligrosas que otras, éstas se deben realizar de forma localizada y separadas del resto por medio de un aislamiento apropiado. Las zonas peligrosas deberían estar restringidas a unos pocos operarios que, a su vez, deben estar adecuadamente protegidos. Se recomienda que estas zonas sean controladas exhaustivamente del acceso de personal extraño y que los operarios que trabajen en ellas estén programados en revisiones médicas constantes.

#### **2.3.4. Mecanismo numero 3: operaciones de ventilación**

Este tipo de control es necesario en la mayoría, sino en todas, las instalaciones de producción.

La ventilación en los puestos de trabajo se puede instalar por alguna de las siguientes razones, dependiendo el interés propio en cada lugar:

- Para obtener unas determinadas condiciones de bienestar térmico.
- Para renovar el aire del puesto de trabajo, diluyendo los posibles contaminantes ambientales en una proporción aceptable.
- Para prevenir que los contaminantes peligrosos de la atmósfera de trabajo alcancen la zona de respiración del trabajador.

Generalmente este tipo de controles requiere de la instalación de equipos adicionales como campanas de extracción, ventiladores y sopladores de aire, ductos para el traslado de aire fresco y desalojo de aire contaminado y sistemas de tratamiento de aire para evitar las emanaciones de sustancias peligrosas al medio ambiente cercano a las instalaciones.

Existen tres variantes de este tipo de control dependiendo del objetivo o grado de magnitud del riesgo implicado:

- Ventilación natural.
- Ventilación general de dilución.
- Ventilación de extracción.

##### **2.3.4.1. Ventilación natural**

La ventilación natural está presente en toda instalación que posea vías de acceso o escape de aire como ventanas, puertas o rendijas. Se produce por diferencias en la temperatura, presión y velocidad del aire dentro y fuera del edificio. Estas diferencias crean un flujo neto de aire a través de la instalación que se puede aprovechar para renovar el aire al interior del mismo.

La ventilación natural es difícil de predecir pues depende de muchos factores ambientales poco o nada controlables. No se recomienda como única vía de control en plantas industriales de gran tamaño y alta generación de contaminantes ya que solo las emisiones de polvo, gas, vapor y humo muy bajas se pueden controlar de este modo. Adicionalmente a sus deficiencias, el aire que pueda ser contaminado con sustancias peligrosas va a escapar directamente al medio ambiente sin tratamiento previo.

No obstante los inconvenientes en su control, la ventilación natural puede ser parte de los sistemas de control de emisiones de una fábrica o almacén si se estructura de una manera adecuada. Para estos propósitos, se puede disponer de una serie de rejillas ubicadas en lugares cercanos al nivel del piso y otras cercanas a los techos o aleros; de esta manera, se pueden crear diferentes tipos de corrientes de aire que atraviesan al edificio en todas direcciones.

##### **2.3.4.2. Ventilación general de dilución**

También conocida como ventilación general forzada, ésta técnica se implementa para el control de emisiones

moderadas de gases, vapores y humo. De forma general, este procedimiento se realiza haciendo fluir aire fresco al interior de la instalación y al mismo tiempo retirando el aire contaminado de ella. Como resultado, parte de los contaminantes se transportan fuera del edificio, dejando su concentración interna en niveles más bajos que los considerados como peligrosos para la salud.

El montaje de un sistema de ventilación general debe tener en cuenta que la disposición de los equipos evite la generación de corrientes de aire de alta velocidad directamente sobre los puestos de trabajo fijos de los operarios, a fin de eliminar la posibilidad de generación de enfermedades por cambios bruscos y marcados de temperatura, como dolores musculares o afecciones respiratorias.

Los equipos aquí empleados incluyen difusores y ventiladores ubicados de forma estratégica en las paredes, ventanas y techos de las edificaciones. La ubicación de estos dispositivos debe evitar la existencia de cortocircuitos de aire y de remolinos, los cuales reducen la eficiencia en la operación general del sistema, pudiéndose presentar problemas como la eliminación pobre de sustancias peligrosas de la atmósfera de trabajo o el estancamiento de ellas en lugares específicos.

Esta metodología de control es conveniente cuando:

- Los contaminantes en cuestión sean de bajo grado de toxicidad o constituyan solo una molestia.
- La cantidad de contaminantes generados en el puesto de trabajo no es demasiado grande.
- Los trabajadores están lo suficientemente alejados de las fuente de contaminación.
- La dispersión de los contaminantes es razonablemente uniforme.

#### **2.3.4.3. Ventilación de extracción**

Con emisiones altas de contaminantes del aire no resulta práctico confiar en la técnica de dilución solamente y es necesario disponer de una ventilación de evacuación muy próxima al foco del contaminante o de dispositivos de aire muy próximos a los ocupantes. El objetivo de la ventilación de extracción es evitar la dispersión de los agentes contaminantes en el área de trabajo. Este tipo de control se denomina también ventilación local, y a diferencia de la ventilación general no requiere desplazar grandes cantidades de aire para tener efectos similares.

La extracción local pretende eliminar los contaminantes in-situ. Si una vía de ventilación de extracción se coloca lo suficientemente cerca de la fuente generadora, las velocidades que se inducen pueden exceder a la velocidad de dispersión en el foco y todo el contaminante se evacua antes que pueda ser dispersado. El alto grado de control por éste método es apropiado para todo tipo de emisiones salvo para aquellas no tóxicas bajas o muy bajas en donde resulta más económico el empleo de ventilación de dilución.

Un sistema de evacuación por extracción generalmente consiste de una serie de campanas distribuidas en puntos clave de los procesos en donde se generan partículas, gases y vapores. Estas campanas están conectadas por ductos a un ventilador o sistema de ventilación central que luego dirige el aire contaminado a una estación de tratamiento de aire. Esta última es necesaria para evitar la contaminación de la atmósfera externa a la instalación.

Cuando esta operación se combina con un sistema de aislamiento adecuado de la operación donde se pretende controlar la generación de emisiones, resulta una medida muy eficaz para prevenir el escape de sustancias peligrosas a la zona de respiración de los operarios.

Un proceso bien aislado requiere del régimen de flujo más bajo y por consiguiente de menor energía para la operación de los sistemas extractores en ese lugar. Al aumentarse las fugas de los recintos la eficiencia

del sistema disminuye. Los recintos deben ser por tanto de construcción sólida, las puertas de acceso deben diseñarse para un cerrado fácil y eficaz. Los elementos del equipo que requieran atención regular se deben ubicar fuera de la zona de extracción para reducir al mínimo la necesidad de abrir las puertas de acceso.

Este tipo de ventilación es adecuado para procesos con fuentes de contaminación muy definida como por ejemplo procesos mecánicos puntuales. No es muy útil en procesos manuales que impliquen desplazamiento por la variedad de puntos alternos de generación de emisiones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- *Canadian Centre for Occupational Health and Safety. Substitution of Chemicals: Considerations for Selection [en línea]. Fecha de publicación no reportada, actualizado Noviembre 24 de 1999 [citado Septiembre 10 de 2003]. Disponible en <http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/substitution.html>*
- 2- *Becerril JP. Cursillo 3: Manejo Seguro de Residuos y Emisiones en la Industria. Conferencia de las XIV Jornadas Latinoamericanas de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Jolaseht). Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). Bogotá, Agosto de 2003.*
- 3- *Becerril JP. Cursillo 2: Contaminación Ambiental: Técnicas de Prevención y Control. Conferencia de las XIV Jornadas Latinoamericanas de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Jolaseht). Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). Bogotá, Agosto de 2003.*
- 4- *Lagrecia M, Buckinham P & Evans J. Gestión de residuos tóxicos: tratamiento, eliminación y recuperación de suelos. Volumen I. McGraw Hill. Madrid, España. 1996.*
- 5- *Kiely G. Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Volumen III. McGraw Hill. Madrid, España. 1999.*
- 6- *World Environment Center. Manual de Capacitación de Minimización de Residuos. Edición por Michalex R, Lombardo G y De la Chernaye F. Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). New York, U.S.A. Noviembre de 1996.*
- 7- *Oficina Internacional del Trabajo (OIT). Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Volumen 3, P-Z. Editor Luigi Parmeggiani. Madrid, España. 1989.*
- 8- *Armco Services Co. Control de Sustancias Químicas Peligrosas, Contaminantes Aéreos. Noticias de Seguridad. Publicación Mensual del Consejo Interamericano de Seguridad. New Jersey, U.S.A. Junio de 1996.*
- 9- *United Nations Environment Programme. Industry and Environment Office. Storage of Hazardous Materials: A Technical Guide for Safe Warehousing of Hazardous Materials.*

# 3

## Manejo de emergencias con sustancias químicas peligrosas

Durante cualquier etapa del ciclo de vida de las sustancias químicas peligrosas existe la posibilidad de enfrentarse a situaciones de emergencias, tales como incendios, explosiones, fugas o derrames. Estas emergencias se pueden prevenir aplicando normas legales y técnicas relacionadas con el manejo adecuado de combustibles, equipos eléctricos, fuentes de calor y sustancias peligrosas, propias de la actividad económica de una organización.

No obstante el cumplimiento de lo anterior, siempre se debe estar preparado para responder ante una emergencia. La preparación ante emergencias debe llevarse a cabo indistintamente del tamaño de la organización o del riesgo que esta genere<sup>(1)</sup>.

Para dar pronta respuesta a una emergencia, la organización debe tener diseñado y planeado un Plan de Emergencia. Este es aquel en el cual se definen las políticas, la organización y los métodos, que indican la manera de enfrentar una situación de emergencia o desastre tanto en lo general como en lo particular. Su objetivo es proporcionar un conjunto de directrices e información destinadas a la adopción de procedimientos técnicos y administrativos estructurados para facilitar respuestas rápidas y eficaces en situaciones de emergencia. En términos generales, un plan debe tener las siguientes características<sup>(1,2)</sup>:

- Posibilitar la restricción de los daños a un área determinada, previamente designada para evitar que los impactos sobrepasen los límites de seguridad preestablecidos.
- Contemplar las acciones necesarias para evitar que situaciones (internas o externas), de las instalaciones involucradas en el accidente, contribuyan a su agravamiento.
- Ser un instrumento práctico que facilite respuestas rápidas y eficaces en situaciones de emergencia.
- Ser lo más sucinto posible y contemplar, clara y objetivamente, las atribuciones y responsabilidades de las personas involucradas.

Un Plan de Emergencias se divide en dos etapas principales: Preparación y Respuesta:

### 3.1. PREPARACIÓN

A continuación se presentan las etapas que se deben tratar durante la preparación:

- Realización del análisis de riesgos.
- Organización del Plan de Emergencias.
- Implementación y mantenimiento del Plan de Emergencias.

#### 3.1.1. Análisis de riesgos

El análisis de riesgos tiene por objetivo identificar y evaluar cuáles son aquellos eventos o condiciones que pueden llegar a ocasionar una emergencia. Este análisis se convierte en una herramienta para establecer las medidas de prevención y control de los riesgos asociados a la actividad de la organización, al entorno físico y al entorno

social en el cual desarrolla sus funciones. El resultado de un análisis de riesgos es la identificación de “escenarios de riesgo”, que se constituye en el punto de partida para la organización de un Plan de Emergencias<sup>(1)</sup>.

Un requisito necesario para el desarrollo de un análisis de riesgos objetivo es el acceso a información técnica actualizada de fuentes confiables. En la Tabla 3.2, al final del capítulo, se presenta un cuadro con la relación de algunas fuentes de información.

El análisis de riesgos está conformado por las etapas de identificación y caracterización de los peligros y amenazas, el análisis de vulnerabilidad por amenaza, la evaluación de el riesgo y la identificación de escenarios de riesgo.

### **3.1.1.1. Identificación y caracterización de los peligros y las amenazas<sup>(1)</sup>**

Entendiéndose **peligro** como una fuente o situación con potencial de daño o términos de lesión o enfermedad, daño a la propiedad, al ambiente de trabajo, al medio ambiente o una combinación de estos, y **amenaza** como la probabilidad de que un fenómeno de origen natural o humano, potencialmente capaz de causar daño y generar pérdidas, se produzca en un determinado tiempo y lugar.

En la identificación de peligros, la organización debe realizar una observación y estudio detallado de los procesos, las actividades que realiza y su entorno, indicando cuáles son aquellas situaciones que pueden generar una emergencia. Una vez identificados los peligros, estos deben ser analizados según su probabilidad de ocurrencia, en términos de amenaza.

Las sustancias químicas están asociadas con peligros de origen tecnológico, como por ejemplo el almacenamiento de gases tóxicos o líquidos corrosivos, la inflamabilidad de una sustancia o la presencia de materiales radiactivos, los cuales pueden interactuar con peligros de origen natural y social, como por ejemplo la presencia de una falla geológica, de ríos, de volcanes, las condiciones atmosféricas adversas en la zona, o las condiciones políticas y sociales de la región<sup>(1)</sup>.

La probabilidad de ocurrencia de las amenazas relacionadas con sustancias químicas, tales como la fuga de un gas tóxico o el derrame de un combustible, se pueden ver potenciadas por la probabilidad de amenazas de tipo natural o social como por ejemplo el desbordamiento de un río, una erupción volcánica o un atentado terrorista.

### **3.1.1.2. Análisis de vulnerabilidad por amenaza**

Es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica. El grado de vulnerabilidad que tiene una empresa frente a una amenaza específica está directamente relacionado con la organización interna que ésta tiene para prevenir o controlar aquellos factores que originan el peligro, al igual que su preparación para minimizar las consecuencias una vez sucedan los hechos.

Algunas de las características de una organización que deben ser evaluadas para determinar la vulnerabilidad son:

- La ubicación de la organización.
- La facilidad de acceso a y evacuación de las instalaciones.
- Recursos externos para control de emergencias.
- Las características de las instalaciones.
- Las actividades que se desarrollan.
- Descripción de la ocupación. Número de personas que laboran, horarios, visitantes, etc.
- Recursos físicos con los cuales cuenta la empresa para la prevención y atención de emergencias.

Existen metodologías de análisis de vulnerabilidad ante una amenaza específica, que toman en consideración las características enunciadas anteriormente con el fin valorar y ponderar el nivel de vulnerabilidad de la totalidad o parte de una organización.

### 3.1.1.3. Evaluación del riesgo

El riesgo es definido como la probabilidad de ocurrencia de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. La siguiente matriz indica la priorización de los riesgos de la organización mediante el análisis de las amenazas y la vulnerabilidad. Esta matriz puede ser ampliada según en criterio de la empresa para lograr un mayor nivel de detalle.

**Tabla 4. Matriz de priorización de riesgos**

AMENAZA				VULNERABILIDAD
Muy probable	Probable	Poco probable		
Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo medio	Alta	
Riesgo alto	Riesgo medio	Riesgo bajo	Media	
Riesgo medio	Riesgo bajo	Riesgo bajo	Baja - mínima	

### 3.1.1.4. Definición de los escenarios de riesgo

Entendiéndose por estos como la descripción de un futuro posible y de la trayectoria asociada a él. El escenario de riesgo es la interacción de los diferentes factores de riesgo (amenaza y vulnerabilidad) en un territorio y en un momento dado. Debe describir y permitir identificar el tipo de daño y pérdidas que pueden generarse en caso de presentarse un evento peligroso en unas condiciones dadas de vulnerabilidad.

### 3.1.2. Organización del Plan de Emergencias

Como se mencionó anteriormente, el análisis de riesgos es un requisito para la organización del Plan de Emergencia ya que permite identificar los escenarios de riesgo. De esta manera se facilita la proyección adecuada de las siguientes acciones:

- Aislamiento.
- Señalización.
- Definición de puntos de encuentro y vías de escape.
- Determinación de la cantidad y localización estratégica de equipos de seguridad y protección individual.
- Definición de procedimientos contra derrames, fugas e incendios.

Es importante resaltar que por cada escenario de riesgo se debe establecer un procedimiento para pronta respuesta en caso de presentarse una emergencia asociada al escenario específico. Esto implica que el número de procedimientos debería ser igual al número de escenarios de riesgo identificados en la etapa de análisis de riesgos. A estos procedimientos usualmente se les asigna el nombre de Planes de Contingencia, los cuales hacen parte integral de un Plan de Emergencia.

Por lo general, un Plan de Emergencias para la atención de eventos provocados por productos o actividades peligrosas debe seguir la siguiente estructura:

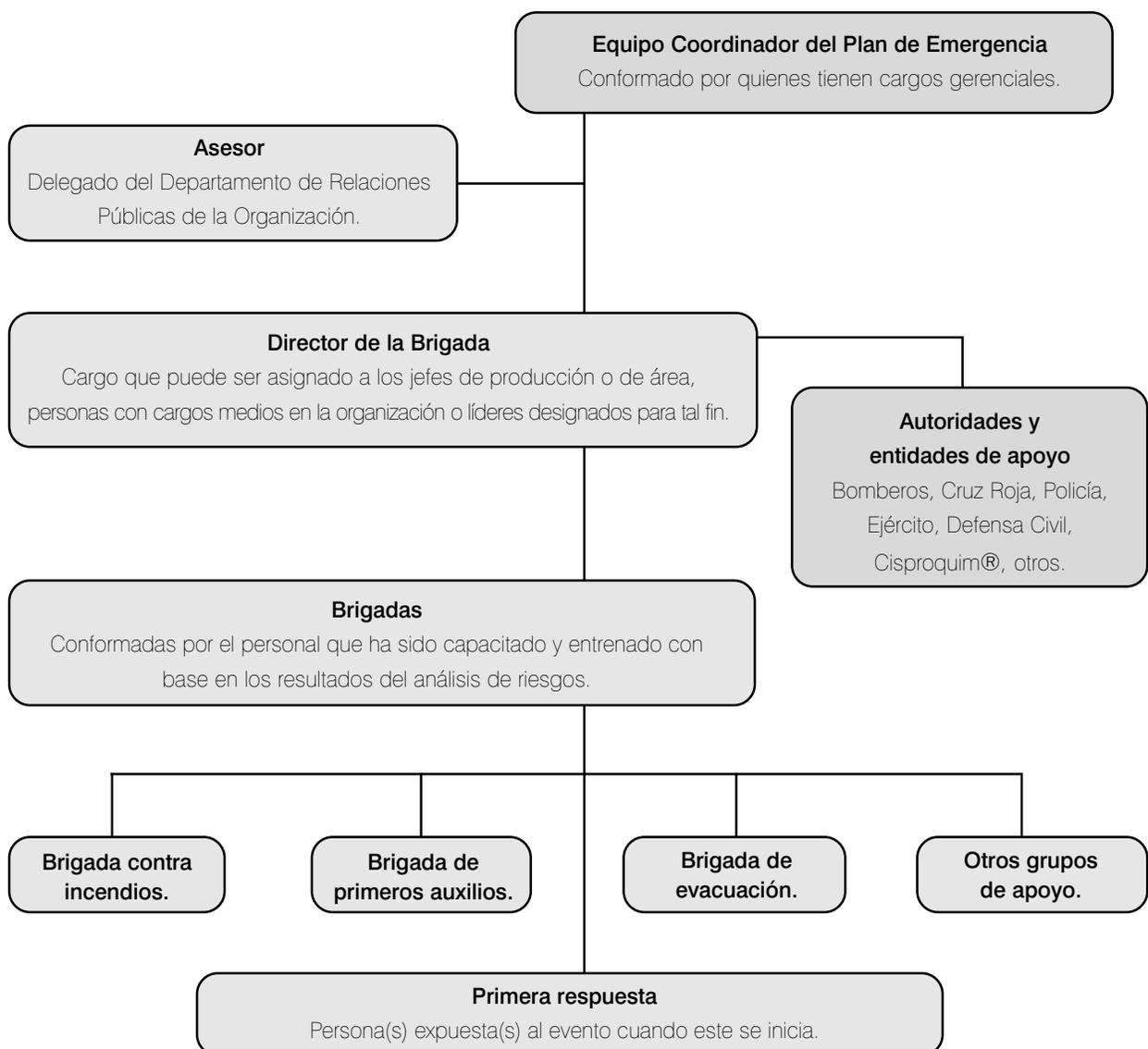
1. Introducción.
2. Características de las instalaciones y actividades.
3. Objetivo.
4. Área de alcance.
5. Estructura organizacional.
6. Funcionamiento.

7. Procedimientos de lucha contra emergencias:
  - Evaluación.
  - Aislamiento y evacuación.
  - Lucha contra incendios.
  - Control de fugas.
  - Control de derrames.
  - Reparaciones de emergencia.
  - Acciones para evitar el reavivamiento de incendios (después de la emergencia).
8. Anexos:
  - Formulario de registro de emergencias
  - Lista de acciones.
  - Recursos materiales.
  - Fichas de información sobre sustancias químicas.

En la sección 3.2 se describen los procedimientos generales de respuesta ante emergencias, los cuales deben ser establecidos durante la organización de la estructura del Plan de Emergencia. Se incluyen las actividades básicas de respuesta, ejemplos de respuesta para algunos eventos específicos, procedimientos de descontaminación de equipos, manejo ambiental, e investigación de accidentes.

La Figura 3 presenta un ejemplo de estructura organizacional para un plan de emergencia que se debe adaptar a cada caso particular. En la Tabla 5 se presentan las principales funciones asignadas a quienes conforman el esquema organizacional<sup>(1)</sup>.

**Figura 3. Estructura organizacional para la prevención y atención de emergencias**



**Tabla 5. Funciones asignadas a miembros de la estructura organizacional del Plan de Emergencias**

### **Equipo coordinador del Plan de Emergencia**

Tiene como misión garantizar el cumplimiento del programa de preparación para Emergencia y Contingencias asegurando los medios técnicos y logísticos necesarios para su implementación, mantenimiento y puesta en práctica.

En situaciones de emergencia es el responsable por la toma de decisiones que corresponden a altos niveles jerárquicos (evacuación parcial o total, suspensión de actividades, retorno de actividades). Sus funciones específicas son:

- Avalar las directrices, procedimientos, programas y actividades propias del Plan de Emergencia y Contingencias en las fases de planeación, implementación y seguimiento.
- Ejercer el control y seguimiento sobre el desarrollo y continuidad del programa de preparación para emergencia y contingencias garantizando su divulgación y mantenimiento.
- Coordinar la realización de simulacros periódicos con todos los niveles de la organización.
- Aprobar los programas de capacitación para los grupos operativos de emergencia (Brigadas) y la adquisición y mantenimiento de los equipos básicos que se utilizan en el control de emergencias.
- Garantizar la capacitación de las personas que conforman la estructura organizacional.
- Cuando no exista un grupo específico para apoyo de comunicación en emergencias, debe suministrar la información necesaria sobre el desarrollo del evento.

### **Departamento de Relaciones Públicas**

Es el responsable de servir de portavoz oficial de la empresa. Sus funciones específicas son:

- Establecer con el equipo coordinador del Plan de Emergencia, los lineamientos para suministrar información pública.
- Asesorar al jefe de brigada sobre el tipo y forma de la información que debe divulgarse en caso de emergencia.
- Desarrollar criterios, técnicas y procedimientos de comunicación efectiva en caso de emergencia.
- Mantener en forma permanente una lista actualizada con los nombres y direcciones de todos los medios de comunicación reconocidos.
- Servir de portavoz oficial de la organización ante la comunidad y los medios de comunicación.
- Preparar conjuntamente con los funcionarios involucrados en la emergencia, los comunicados oficiales de la organización en caso de una emergencia.
- Divulgar los comunicados oficiales de la organización a los diferentes medios de comunicación.
- Coordinar las actividades de relaciones públicas posteriores al siniestro.
- Llevar un archivo de toda la información periodística obtenida.
- Presentar a la gerencia un informe del impacto que la emergencia ha tenido sobre la opinión pública y proponer estrategias de información orientadas a la minimización del impacto sobre la imagen de la organización y para la recuperación de la misma.

### **Director de Brigada o Jefe de Brigada o Líder de Emergencia**

Es la persona encargada de determinar y dirigir las acciones necesarias para el control de una situación al interior de las instalaciones de la organización, reporta sus actividades directamente al equipo coordinador de emergencia. Sus funciones específicas son:

**Tabla 5. Funciones asignadas a miembros de la estructura organizacional del Plan de Emergencias (continuación)**

<ul style="list-style-type: none"> <li>□ De acuerdo con la magnitud del evento recibe la alarma y activa el Plan de Emergencia y Contingencias. Indaga con el Brigadista de área sobre el tipo y características del evento.</li> <li>□ Establece comunicación permanente con los Brigadistas de cada área.</li> <li>□ Está atento a las indicaciones sobre acciones y requerimientos del Brigadista de área coordinando y apoyando las labores de control.</li> <li>□ Define con el equipo coordinador de emergencias las decisiones y acciones extraordinarias no contempladas en el planeamiento para el efectivo control de la situación.</li> <li>□ En orden de prioridad evalúa y comunica las necesidades de evacuación, intervención de la brigada, intervención de equipos de socorro y rescate exteriores.</li> <li>□ Establece el retorno a la normalidad.</li> </ul>
<p><b>Brigada Contra Incendios</b></p> <p>La misión de este grupo es la de estar preparados para prevenir y controlar los conatos de incendios o apoyar en las tareas de extinción de fuegos mayores que se presenten en las instalaciones de trabajo. Sus funciones básicas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Extinguir el fuego que se esté presentando en las instalaciones. Para ello debe aplicar los procedimientos de actuación en caso de incendio que previamente la organización ha establecido.</li> <li>□ Apoyar a los grupos de socorro externo como el cuerpo de Bomberos.</li> <li>□ Para zonas en las cuales existen sistemas automáticos de detección y extinción de incendios, la brigada debe conocer su funcionamiento y operación.</li> </ul>
<p><b>Brigada de Evacuación</b></p> <p>La misión de este grupo es garantizar la evacuación total y ordenada de las instalaciones. Sus funciones básicas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Anunciar la evacuación del área al cual está asignado una vez se ha dado la orden general de salida.</li> <li>□ Guiar los ocupantes de su sector hacia las vías de evacuación que previamente se han designado.</li> <li>□ Mantener el orden y la rapidez al evacuar.</li> <li>□ Indicar el punto de reunión final.</li> <li>□ Ayudar a la evacuación de las personas con limitaciones físicas, heridas o con algún tipo de limitación.</li> <li>□ No permitir el ingreso a las áreas evacuadas hasta que no se declare como zona en condiciones normales.</li> <li>□ Comprobar que no hay personas atrapadas en su área de evacuación.</li> <li>□ Comprobar la ausencia de personas a su cargo y hacer el reporte, de tal manera que de ser necesario se inicien procedimientos específicos de búsqueda y rescate.</li> </ul>
<p><b>Brigada de Primeros Auxilios</b></p> <p>Su misión es la de prestar los primeros auxilios a los lesionados. Sus funciones básicas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Aplicar los procedimientos específicos para la prestación de primeros auxilios.</li> <li>□ Recibir y orientar al personal de ayuda externo.</li> </ul>

**Tabla 5. Funciones asignadas a miembros de la estructura organizacional del Plan de Emergencias (continuación)**

- Tener el registro e información a cerca de las personas que se trasladen a hospitales o que a causa de la emergencia hayan fallecido.

#### **Primera Respuesta**

Este esquema organizacional contempla que la(s) persona(s) que inicialmente está(n) expuesta(s) a la situación de emergencia puede actuar en el control de la misma, siempre y cuando la magnitud del evento y los conocimientos de la persona en el tema le permiten actuar.

*Fuente: Consejo Colombiano de Seguridad. Manual para la elaboración de planes empresariales de emergencia y contingencias y su integración con el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá D.C. Junio 2003.*

### **3.1.3. Implementación y Mantenimiento del Plan de Emergencias <sup>(2)</sup>**

El éxito de una operación de atención de eventos mayores, depende de las acciones de respuesta previstas y desarrolladas en el Plan de Emergencias. De esta manera, para lograr los resultados esperados a través de las acciones previstas en el plan durante la ocurrencia de situaciones de emergencia, es necesario divulgarlo debidamente, dentro de la organización, e integrarlo a otros planes locales y regionales, así como a otras entidades que deberán actuar conjuntamente en la respuesta a los accidentes.

Además de la debida divulgación, la implementación del plan está relacionada con la disponibilidad de los recursos humanos, además de los materiales necesarios y compatibles con la gravedad de los posibles eventos que se atenderán.

El plan también debe considerar la implementación y mantenimiento de un programa de capacitación en diferentes niveles de dificultad, incluidos:

- Capacitación teórica.
- Capacitación individual.
- Ejercicios en campo.
- Operaciones simuladas de coordinación.

Después de la etapa de implementación, el plan de emergencias se debe actualizar y revisar periódicamente, con base en la experiencia adquirida a lo largo del tiempo, tanto durante las ocurrencias reales como durante la capacitación y los simulacros. El mantenimiento del plan debe contemplar las siguientes actividades:

- Sistema de actualización de la información.
- Registro de los casos atendidos.
- Reevaluación periódica de los procedimientos.
- Reemplazo y renovación de recursos.

## **3.2. RESPUESTA**

Para tener éxito en las operaciones durante las situaciones de emergencia se debe tratar de actuar de manera coordinada, con la participación de todas las personas y organismos involucrados <sup>(2)</sup>.

Tan pronto como ocurra una emergencia se debe colocar en marcha el Plan de Emergencia diseñado por la organización, siguiendo los procedimientos allí establecidos. Todo el personal debe estar capacitado para reaccionar rápidamente y activar este Plan <sup>(2)</sup>.

### 3.2.1. Respuesta a los incidentes <sup>(2)</sup>

Existen actividades básicas para el sistema de respuesta al incidente que se pueden dividir en cinco segmentos amplios que interactúan entre sí:

#### 3.2.1.1. Reconocimiento

Por lo general, uno de los primeros pasos que se debe seguir en la atención de una emergencia que involucra sustancias químicas peligrosas es el reconocimiento del tipo y grado de riesgo presente del incidente. Es necesario identificar las sustancias implicadas y determinar sus propiedades químicas y físicas. Como un paso preliminar, se deben revisar las Hojas de Seguridad las cuales brindan información sobre las propiedades, los riesgos y la forma adecuada de tratar las sustancias.

El reconocimiento implica el uso de toda la información disponible, resultados de muestras, datos históricos, observación visual, análisis instrumental, rótulos, etiquetas, documentos de transporte y otras fuentes para identificar las sustancias implicadas.

#### 3.2.1.2. Evaluación

El reconocimiento facilita la información básica referente a las sustancias involucradas en la emergencia. La evaluación implica la determinación de sus efectos o potencial impacto en la salud pública, propiedades y el ambiente. Su potencial de impacto real depende de la localización del incidente, tiempo y otras condiciones específicas del lugar.

Para evaluar completamente los efectos de una emergencia con productos peligrosos, se deben identificar las sustancias, establecer sus patrones de dispersión y determinar las concentraciones de los productos tóxicos. El riesgo se evalúa con base en la exposición del público y otros receptores críticos.

#### 3.2.1.3. Control

El control se realiza a través de métodos destinados a la prevención o reducción del impacto del incidente. Por lo general, se establecen acciones preliminares de control tan rápido como sea posible. Al obtener información adicional a través del reconocimiento y evaluación, se modifican las acciones iniciales de control o se establecen otras. Las fugas que no requieren una acción inmediata, permiten más tiempo para planificar e implementar las medidas correctivas. Las medidas de control incluyen tratamientos químicos, físicos y biológicos, así como técnicas de descontaminación, con el objetivo de restablecer las condiciones normales. También se incluyen medidas sobre la salud pública, por ejemplo, el abandono o corte del suministro de agua potable para prevenir la contaminación causada por la sustancia en las personas.

#### 3.2.1.4. Información

La información es un componente importante del Plan de Emergencias. Todas las actividades que componen el plan de emergencias, se basan en el proceso de recibir y transmitir información. Esta es un elemento de apoyo al reconocimiento, evaluación y control. Además, es un elemento de soporte para los elementos de acción que ofrece datos para la toma de decisiones. Así mismo, es el resultado del balance de los demás elementos.

La muestra de un determinado producto puede ofrecer información para determinar las opciones de tratamiento del incidente. La información proviene de tres fuentes:

- **Inteligencia:** información obtenida de registros o documentos existentes, letreros, etiquetas, rótulos, configuración de los recipientes, observación visual, informes técnicos y otros.

- **Instrumentos de lectura directa:** información obtenida con relativa rapidez a través de instrumentos.
- **Muestreo:** información obtenida a través de la recolección de porciones representativas del medio o materiales para su posterior análisis en los laboratorios de campo o fijos.

La adquisición de información, el análisis y la toma de decisiones, son procesos interactivos que definen la extensión del problema y la selección de posibles acciones de respuesta al incidente. Para que la atención del incidente sea efectiva, es necesario establecer una base de información precisa, válida y oportuna. Durante el desarrollo del incidente, se reúne, procesa y aplica un flujo intenso de información.

### 3.2.1.5. Seguridad

Todas las intervenciones para atender emergencias que involucran productos peligrosos, presentan diversos riesgos para los que responden a estos. Para establecer un programa de protección contra tales riesgos, se deben analizar las características fisicoquímicas de los productos y relacionarlas con cada operación de respuesta. Las consideraciones de seguridad contribuyen a la ejecución de cada actividad que se inicia y a la vez son producto de cada intervención realizada. Toda organización de atención de emergencias químicas debe contar con un programa efectivo de seguridad, incluidos los exámenes médicos, equipos de seguridad apropiados, procedimientos operacionales estandarizados y un activo programa de capacitación.

Los elementos anteriormente mencionados no son necesariamente pasos secuenciales del proceso de atención. En algunas situaciones, se puede comenzar por la adopción de las medidas de control antes de identificar todas las sustancias. En otros, se debe realizar una evaluación más completa de la dispersión de los materiales, antes de determinar las acciones correctivas de control.

### 3.2.2. Respuesta específica a eventos

A continuación se describen ejemplos de procedimientos de atención para las principales emergencias con sustancias químicas. Esta información es de carácter básico y debe ser complementada a partir de información específica de las sustancias químicas, la estructura organizacional y las condiciones de infraestructura y ambientales involucradas. En cada una de las guías de sustancias químicas del capítulo 4 se describen las acciones a seguir en caso de accidente. La Guía de Respuesta en Caso de Emergencia (GRE) desarrollada conjuntamente por el Ministerio de Transporte de Canadá, el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México (SCT), es otra fuente de información relevante; en la Tabla 3.2 se indica la forma de acceso a este documento a través de Internet.

#### 3.2.2.1. Derrames <sup>(4)</sup>

Para minimizar los peligros, todos los derrames o fugas de materiales peligrosos se deben atender inmediatamente, con previa consulta a la Hoja de Seguridad de la sustancia. Se recomienda tener a disposición los siguientes elementos para atender los derrames:

- Equipo de protección personal.
- Tambores vacíos, de tamaño adecuado.
- Material autoadhesivo para etiquetar los tambores.
- Material absorbente, dependiendo de la sustancia química a absorber y tratar.
- Soluciones con detergentes.
- Escobas, palas antichispas, embudos, etc.

Todo el equipo de emergencia y seguridad debe ser revisado constantemente y mantenido en forma adecuada para

su uso eventual. El equipamiento de protección personal debe estar descontaminado y debe ser limpiado después de ser utilizado.

Los derrames líquidos deben ser absorbidos con un sólido absorbente adecuado, compatible con la sustancia derramada. El área debe ser descontaminada de acuerdo a las instrucciones dadas por personal capacitado y los residuos deben ser dispuestos de acuerdo a las instrucciones dadas en las Hojas de Seguridad.

Los sólidos derramados deben ser aspirados con aspiradoras industriales. Se pueden utilizar palas y escobas pero utilizando arena para disminuir la dispersión de polvo.

Deben establecerse procedimientos, por escrito, para actuar con seguridad frente a un posible derrame o fuga. Por ejemplo, una forma de proceder ante un derrame o fuga de una sustancia química peligrosa es la siguiente: <sup>(4)</sup>

### **Identificar el producto y evaluar el incidente**

- Evaluar el área.
- Localizar el origen del derrame o fuga.
- Buscar la etiqueta del producto químico para identificar contenido y riesgos.
- Recurrir a las Hojas de Seguridad o Tarjetas de Emergencia.
- Identificar los posibles riesgos en el curso del derrame, como materiales, equipos y trabajadores.
- Anotar todo lo observado, para comunicarlo adecuadamente a al mando superior.
- Intentar detener el derrame o fuga, solo si lo puede hacer en forma segura. Solúcionelo a nivel del origen y detenga el derrame de líquidos con materiales absorbentes. Si lo va a hacer en esta etapa, utilice elementos de protección personal.
- Evite el contacto directo con la sustancia.

### **Notificar al mando superior**

- Entregar toda la información que pueda a la supervisión directa, para que se proceda al control de la emergencia. Esto incluye equipos, materiales y áreas afectadas; señalando ubicación, productos comprometidos, cantidad, su dirección y condición actual.
- Buscar más información y recurrir a asesoría externa si es necesaria.

### **Asegurar el área**

- Alertar a sus compañeros sobre el derrame o haga para que no se acerquen.
- Ventilar el área.
- Acordonar con barreras, rodeando el área contaminada.
- Rodear con materiales absorbentes equipos o materiales.
- Apagar todo equipo o fuente de ignición.
- Disponer de algún medio de extinción de incendio.

### **Controlar y contener el derrame**

- Antes de comenzar con el control o contención del derrame, se debe colocar los elementos de protección personal necesarios.
- Localizar el origen del derrame y controlar el problema a este nivel.
- Contener con barreras o materiales absorbentes. Se pueden utilizar: esponjas, cordones absorbentes o equipos especiales como las aspiradoras.

- Si el problema es en el exterior, hacer barreras con tierra y zanjas.
- Evitar contaminar el medio ambiente.

### **Limpiar la zona contaminada**

- Intentar recuperar el producto.
- Absorber o neutralizar. Para el caso de ácidos o bases proceder a la neutralización.
- Lavar la zona contaminada con agua, en caso que no exista contraindicación.
- Señalizar los recipientes donde se van depositando los residuos. Todos los productos recogidos, deben tratarse como residuos peligrosos.

### **Descontaminar los equipos y el personal**

- Disponer de una zona de descontaminación.
- Lavar los equipos y ropa utilizada.
- Las personas que intervinieron en la descontaminación deben bañarse.

#### **3.2.2.2. Incendios<sup>(4)</sup>**

Debe efectuarse una eficiente coordinación con las brigadas de bomberos locales, para obtener asistencia inmediata en caso de un incendio. Debe además contarse con una brigada contra incendio interna que coordine las operaciones de atención del incendio.

El personal que trabaja en las instalaciones debe ser entrenado en el combate contra el fuego y la forma de usar los extintores en caso de emergencia, debiéndose efectuar ejercicios o simulacros en forma regular para revisar las condiciones de los equipos de combate contra el fuego y familiarizar al personal en su uso.

En caso de incendio, se deben efectuar las siguientes acciones en forma inmediata, y simultáneamente según el tipo de emergencia:

- Hacer sonar la alarma y despejar el área de todo el personal excepto de los que participan en la emergencia.
- Llamar a las brigadas contra incendio especiales del cuerpo de bomberos.
- Tratar de extinguirlo, si es posible, y si no lo es, al menos limitarlo y prevenir que se extienda a otras instalaciones adyacentes hasta el arribo de bomberos, sin provocar el riesgo a las vidas humanas.
- Asegurar que los encargados de las instalaciones sean avisados y estén pendientes de la llegada del cuerpo de bomberos.
- Avisar a los servicios médicos correspondientes.

Para combatir el incendio, la brigada debe tomar las siguientes medidas: trabajar con el viento a favor, trabajar lo más lejos posible de la fuente del fuego en caso de una posible explosión, y enfriar las instalaciones adyacentes con agua.

A continuación se presentan diferentes medios de extinción de incendios y sus condiciones de uso:

- **Agua:** el agua actúa como un medio refrigerante, es decir, reduce la temperatura del producto que se quema hasta un punto por debajo del punto de inflamación y por lo tanto extingue el fuego. El agua debe ser usada preferentemente en forma de rocío fino o de neblina en vez de chorro. Esto permite aumentar el potencial de enfriamiento y prevenir la extensión del fuego. Además del uso como elemento de extinción, el agua actúa como elemento de minimización de la extensión del fuego al usarse en el enfriamiento de materiales, estanques, equipos, cañerías, etc.

Se debe tener el cuidado sin embargo, al usar grandes cantidades de agua para atacar incendios con productos tóxicos ya que pueden ocurrir reacciones violentas con el agua, o ésta puede alcanzar cuerpos de agua a través de los drenajes internos. Agua nunca debe utilizarse con reactivos tales como carburo de calcio, isocianatos, óxido de calcio (caliza), ciertos compuestos de halógenos tales como cloruro de acetilo, cloruro de aluminio, y metales como sodio y calcio. Cuando se almacenen este tipo de materiales se debe discutir los riesgos especiales con las brigadas de bomberos. El uso de agua con extintores debe dirigirse directamente a la base del fuego.<sup>(3)</sup>

- **Polvo químico seco:** es efectivo generalmente sobre solventes inflamables, aerosoles, productos que reaccionan violentamente con agua y en incendios ocasionados por equipos eléctricos. El polvo químico secos se utiliza normalmente en extintores portátiles para tratar fuegos pequeños y por lo tanto, aunque se considera de gran importancia, se utiliza básicamente en la primera etapa de extinción.
- **Dióxido de carbono:** los extintores de dióxido de carbono son generalmente efectivos para extinguir incendios en que estén involucrados solventes inflamables, productos que reaccionan con agua y equipos eléctricos. Sin embargo, al igual que el polvo químico, solo se usan como ayuda primaria<sup>(3)</sup>.
- **Espumas:** un número de diferentes tipos de espumas existen en forma comercial y son recomendables para ciertas clases de productos químicos, pero se requiere una destreza especial para su aplicación, siendo preferible en la mayoría de los casos utilizar polvos químicos. En incendios en que intervengan sustancias inmiscibles con el agua, tales como petróleo, kerosene, gasolina, benceno, estireno e hidrocarburos en general, se puede utilizar eficientemente espuma de fluoroproteínas o espuma de film acuoso.

En incendios en que intervengan sustancias miscibles con el agua tales como alcoholes, cetonas, éter glicol, etc., se utilizan espumas alcohol resistentes. Las espumas alcohol resistentes también se utilizan para combatir fuegos que involucran pesticidas. Sin embargo, debido a su contenido de agua, estas espumas no se deben usar en situaciones que involucren equipos eléctricos o sustancias que reaccionen violentamente con agua.<sup>(3)</sup>

### 3.2.2.3. Primeros auxilios

Se debe contar con un botiquín de primeros auxilios equipado de acuerdo a la actividad realizada y según indicaciones del departamento. Así mismo, se debe contar con personal capacitado en su uso y con los manuales respectivos y números de teléfono de emergencias.<sup>(3)</sup>

El equipo de primeros auxilios debe ser frecuentemente revisado y se debe mantener en perfecto estado para asegurar su uso. Se deben efectuar convenios de ayuda mutua con hospitales locales para la asistencia inmediata en caso de emergencias, tales como intoxicaciones agudas. El hospital o centros de salud de la zona deben estar informados de la naturaleza de los productos químicos manejados y deben manejar los antídotos necesarios. En caso de emergencia las etiquetas o las hojas de seguridad deben ser enviadas al doctor junto al paciente.

Para asesoría detallada sobre primeros auxilios en relación a productos determinados, se debe consultar la hoja de seguridad. Sin embargo, lo siguiente se debe considerar como una guía general:

- **Exposición a humos o vapores:** remover la persona afectada inmediatamente al aire libre.
- **Contacto con los ojos:** lavar profundamente con agua por 15 minutos.
- **Contacto con la piel:** lavar pronta y abundantemente con agua, después de remover toda la ropa contaminada. Esta debe ser puesta en bolsas plásticas para posterior descontaminación o disposición.

□ **Ingestión:** no inducir el vómito a menos que sea indicado por asesoría médica o lo indique la hoja de seguridad.

### **3.2.3. Descontaminación de los equipos después de una emergencia <sup>(2)</sup>**

La descontaminación es un proceso que consiste en la remoción física de los contaminantes o en la alteración de su naturaleza química para hacerlos inocuos.

En el mismo lugar del incidente se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Lavar con agua la ropa de protección y equipo de respiración.
2. Después del lavado, retirar la ropa y equipo, y colocarlos en envolturas plásticas para el transporte.
3. No fumar, comer, beber ni tocar el rostro.
4. El personal que realice la descontaminación deberá estar protegido con equipos de protección personal, de acuerdo a la sustancia que contamina.
5. Los equipos de medición, herramientas y otros materiales usados para la atención, se deberán colocar en envolturas plásticas para su posterior descontaminación.

En un lugar destinado para la descontaminación:

1. Lavar y frotar todos los equipos protectores como guantes, botas y ropas, además de los equipos de respiración; enjuagarlos con agua.
2. También se deberán retirar y lavar las ropas usadas bajo las de protección.
3. Bañarse y frotar todo el cuerpo con agua y jabón, con especial cuidado en las áreas alrededor de la boca, fosas nasales y debajo de las uñas.
4. No fumar, beber, comer, tocar el rostro ni orinar antes de haber completado las indicaciones anteriores.
5. Buscar atención médica e informarse sobre el producto involucrado en la ocurrencia.

### **3.2.4. Manejo ambiental en caso de un incidente <sup>(3)</sup>**

Todos los residuos, productos de un derrame tales como materiales de empaque, estibas rotas, material absorbente, residuos acuosos, el suelo afectado, etc., se deben disponer en forma segura y responsable. Si estos elementos se encuentran contaminados con sustancias peligrosas deben considerarse como residuos peligrosos. No se debe permitir que los contaminantes derramados fluyan hacia el sistema de alcantarillado interno, a menos que su destino sea una planta de tratamiento apropiada, o que se disponga de un tanque de almacenamiento para su recolección y posterior tratamiento y disposición. En todo caso la disposición segura de estos elementos puede requerir de asesoría especializada.

La empresa responsable de elaborar la Hoja de Seguridad podría indicar el método de disposición más adecuado de acuerdo con las características de las sustancias involucradas. En cuanto a los recipientes que se decida reutilizar, éstos deben descontaminarse apropiadamente; si no se les va a dar uso deben ser destruidos o dispuestos en forma responsable.

Durante un incendio, los principales impactos ambientales están relacionados con la emisión de gases de combustión, el drenaje del agua de extinción contaminada y el suelo contaminado por ésta agua o sustancias peligrosas derramadas durante la combustión.

En condiciones de contaminación del ambiente de poblaciones cercanas por efecto del humo, olores ofensivos o gases tóxicos, las autoridades podrían solicitar a la población mantenerse en las casas con las ventanas y puertas cerradas. Si la situación de emisión de gases es crítica o existe un alto riesgo de explosión se podría llegar a solicitar la evacuación.

Se debe restringir el uso de agua al máximo para controlar o extinguir el incendio. Las bodegas de almacenamiento y las áreas de proceso deberían tener resaltos o bordillos perimetrales que eviten el drenaje hacia cuerpos de agua y el piso debería ser impermeable para evitar infiltraciones que contaminen el suelo y los acuíferos. Es necesario construir diques de contención en tierra en los casos en que el agua contaminada o los fluidos derramados (producto de una emergencia en carretera, en campo abierto o de instalaciones) tengan posibilidad de alcanzar los cuerpos de agua o extender el área de contaminación del suelo.

En todos los casos, inmediatamente culmine la emergencia, la organización responsable debe elaborar un estudio para identificar los impactos generados, y definir y ejecutar las medidas de mitigación y compensación apropiadas al impacto ambiental encontrado.

### **3.2.5. Investigación de accidentes<sup>(2)</sup>**

Cuando las acciones posteriores al accidente se realizan de manera correcta, permiten determinar las causas de él y sugerir a tiempo medidas adecuadas para reducirlas o eliminarlas y, por lo tanto, contribuir a evitar accidentes futuros. Una investigación a fondo puede identificar áreas problema en una organización, o sectores vulnerables en una comunidad, y contribuir a reducir los riesgos respectivos. Cuando esto se logra, el resultado es una comunidad mejor protegida, o un ambiente de trabajo más seguro.

Las acciones de seguimiento de los accidentes se realizan para:

- Reunir datos y evidencias al respecto.
- Analizarlos objetivamente.
- Obtener conclusiones.
- Hacer recomendaciones para evitar que el accidente se repita.

El objetivo de la investigación del accidente es identificar los hechos y las condiciones en que se produjo, así como cada uno de los daños que ocasionó, además de registrar estos datos y evaluarlos. Es esencial recordar que el objetivo de la investigación de un accidente no es buscar culpables sino identificar causas para, en una etapa posterior, eliminarlas o reducirlas, en la medida de lo posible.

Los puntos que debe cubrir la investigación de los accidentes son:

#### **3.2.5.1. Tiempos**

La investigación debe realizarse con la mayor brevedad posible, una vez que se ha controlado el accidente. Cualquier retraso, aún de unas pocas horas, puede dar por resultado que se pierda información esencial. Por ejemplo, los testigos recordarán más detalles, posiblemente los desechos estarán todavía en el lugar, habrá residuos de las sustancias que se fugaron o derramaron y se podrán analizar, etc. En consecuencia, mientras más rápidamente llegue el investigador al lugar de los hechos, menos riesgo habrá de que se pierdan detalles esenciales.

#### **3.2.5.2. Evidencias**

Conservar las evidencias de un accidente facilita la investigación y contribuye a su objetividad. Observar y registrar las evidencias que pueden ser poco duraderas tal como lecturas de instrumentos, estado de los tableros de control, detalles del clima, etc. puede mejorar enormemente los resultados, conclusiones y recomendaciones de la investigación. Las evidencias pueden conservarse por medio de fotos, videos, dibujos, diagramas, gráficas, así como grabarse o recogerse de cualquier modo que sea práctico. Cada foto, dibujo, diagrama, etc., debe ir acompañado de notas detalladas.

### **3.2.5.3. Identificación de las causas**

Muchas causas y factores contribuyen a los accidentes, usualmente por una combinación al azar de dichos factores, los cuales no son forzosamente los mismos aunque, en apariencia, el accidente sea similar. Por lo común, los factores de un accidente son solo los síntomas visibles de otras causas menos evidentes en los procesos de que se trate. Entre los más comunes de estos factores están, en el caso de las empresas: mantenimiento inadecuado, equipo incorrecto, adiestramiento insuficiente, falta de mecanismos de seguridad o de una política de supervisión periódica.

En el caso de accidentes que afectan a la población general, hay múltiples factores que los agravan, entre ellos, la falta de organización y conocimiento en los niveles de decisión, lo que lleva a que las autoridades tomen decisiones erróneas o no tomen ninguna decisión. Otro factor es que no se haya definido previamente quién es responsable de cada acción en particular, etc. En un caso extremo, este conjunto de deficiencias puede llevar a paralizar las acciones o a exponer a la comunidad a riesgos que de otra manera no se hubieran presentado.

### **3.2.5.4. Testigos**

Usualmente, son la mejor fuente de información sobre un accidente. Los testigos no son solo los que vieron cómo ocurrió el accidente; cualquier persona que sepa cualquier cosa al respecto puede proporcionar información útil. A todos los testigos se les deben preguntar los nombres y otros datos de todas las personas que pudieran aportar datos adicionales de interés sobre el accidente.

Se debe interrogar a los testigos de manera individual y en cuanto sea posible después del accidente ya que, de otro modo, pueden olvidar detalles que pudieran ser cruciales, aunque ellos no los identifiquen así. También se evita que, de manera subconsciente, modifiquen su historia para ajustarla a lo que es aceptado por la empresa, la comunidad o las autoridades, o viceversa.

Por todo esto, al principio de cualquier investigación de un accidente químico es esencial dedicar el tiempo necesario a entrevistar al mayor número de testigos. En la medida de lo posible, las entrevistas deben realizarse en el lugar del accidente; de este modo se refuerza la memoria de los testigos y se les pueden hacer preguntas concretas para que describan lo que ocurrió.

Los empleados y el personal de primera respuesta que estuvieron en el accidente deben ser entrevistados al principio y después otros testigos de menor importancia. Es muy recomendable solicitar a los individuos que estuvieron directamente relacionados con el accidente, que aporten ideas sobre cómo evitar que ocurran nuevamente accidentes similares pues, con frecuencia, sus sugerencias serán las mejores.

### **3.2.5.5. Informe del accidente**

Siempre se debe preparar un informe formal con los resultados de la investigación del accidente, el cual es esencial para cualquier evaluación futura del caso, inmediatamente después del accidente o mucho tiempo después de él.

El énfasis del informe debe estar en identificar las causas del accidente y en proponer recomendaciones viables para reducir la probabilidad de casos futuros (los riesgos). Una vez que esté terminado, su contenido debe analizarse críticamente para asegurar que se incluyen y enfatizan todos los puntos importantes, y que las conclusiones y recomendaciones son las adecuadas para el caso.

**Tabla 6. Principales fuentes de información antes y durante una emergencia que involucra sustancias químicas peligrosas**

FUENTE	ENLACE
CISPROQUIM	Línea gratuita de atención las 24 horas: 01 8000 916012.
CISTEMA Centro Regional de Información sobre Desastres (CRID). Es un centro de la Organización Panamericana de la Salud, que tiene su sede en Costa Rica. Este centro genera mucha información relacionada con desastres naturales y tecnológicos de utilidad para los encargados de tomar decisiones, cuenta con una Biblioteca Virtual de Desastres.	Línea 24 horas: (1) 405 5900 Ext. 4118 <a href="http://www.crid.desastres.net/crid/index.htm">www.crid.desastres.net/crid/index.htm</a>
OCDE. Chemical Accidents: En este sitio se encuentran en texto completo las monografías de la OCDE relacionadas con esta temática	<a href="http://www.oecd.org/ehs/accident.htm">www.oecd.org/ehs/accident.htm</a>
El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente cuenta con varios sitios de interés: Una página dedicada sólo al tema de desastres que permite hacer búsquedas de los documentos que están relacionados con el tema y la página APELL. Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level: Process for responding to technological accidents: este sitio brinda información sobre las publicaciones, estudios de casos y registro de accidentes seleccionados en todo el mundo desde 1970.	<a href="http://www.unep.org">www.unep.org</a> <a href="http://www.uneptie.org/apell/home.html">www.uneptie.org/apell/home.html</a>
UNEP-Chemical. Es un sitio dedicado a brindar información de temas de interés relacionados con sustancias químicas.	<a href="http://www.chem.unep.ch/default.htm">www.chem.unep.ch/default.htm</a>
Organización Marítima Internacional	<a href="http://www.unep.org/unep/partners/un/imo/home.htm">www.unep.org/unep/partners/un/imo/home.htm</a>
Agencia Internacional de Energía Atómica	<a href="http://www.iaea.org/worldaton">www.iaea.org/worldaton</a>
Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo Industrial/ UNIDO.	<a href="http://www.unido.org">www.unido.org</a>
Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA): Este sitio está dedicado sólo a emergencias químicas y brinda para los tomadores de decisión muchas directrices que pueden ser adaptadas a la realidad nacional.	<a href="http://www.epa.gov/swercepp/">www.epa.gov/swercepp/</a>
CDC y NIOSH. Fichas Internacionales de Seguridad de Sustancias Químicas a texto completo. Estas fichas fueron producidas por el Programa Internacional de Seguridad de Sustancias Químicas de la Organización Mundial de la Salud (IPCS/OMS) y brindan información concreta sobre las sustancias químicas y las acciones de emergencia para cada una de ellas.	<a href="http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/icstart.html">www.cdc.gov/niosh/ipcs/icstart.html</a> .
ERG. Guía Norteamericana de Respuesta en Caso de Emergencia (GRENA) Desarrollada conjuntamente por el Ministerio de Transporte de Canadá, el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México (SCT).	<a href="http://www.tc.gc.ca/canutec/erg_gmu/erg2000_menu.htm">www.tc.gc.ca/canutec/erg_gmu/erg2000_menu.htm</a>
MSDS. Material Safety Data Sheet. Permite el acceso a varios sitios donde se encuentra información sobre hojas de seguridad de sustancias químicas.	<a href="http://www.ilpi.com/msds/index.html">www.ilpi.com/msds/index.html</a> .
Chemical Hazard Response Information System (CHRIS). Además de brindar información sobre propiedades fisicoquímicas de las sustancias, riesgo de incendio, reactividad química, datos de transporte, etc., que pueden ser utilizados por diversos usuarios, brinda un resumen de la sustancia, sus características, acciones de emergencia y medidas de primeros auxilios.	<a href="http://152.121.2.2/hq/g-/mor/Articles/CHRIS.htm">152.121.2.2/hq/g-/mor/Articles/CHRIS.htm</a> .

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). *Manual para la elaboración de planes empresariales de emergencia y contingencias y su integración con el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres*. Bogotá D.C. Junio 2003.
2. Lainya MA, Haddad E. *Curso de autoinstrucción en prevención, preparación y respuesta para desastres con productos químicos*. [On line]. Fecha de publicación no reportada. Disponible en <http://www.cepis.ops-oms.org/tutorial1/e/bienvenida.html>
3. Programa Ambiental de las Naciones Unidas. Oficina de Industria y Ambiente (UNEP / IEO). *Almacenamiento de Materiales Peligrosos. Guía técnica para depósitos de materiales peligrosos*. Paris, 1990. 80 p. il. Reporte técnico No. 13.
4. Universidad de Santiago de Chile. [On Line]. *Compendio para el manejo, tratamiento y monitoreo de residuos peligrosos en un laboratorio químico o bioquímico* Disponible en Word Wide Web: [lauca.usach.cl/ima/buenambiente/residuos.htm](http://lauca.usach.cl/ima/buenambiente/residuos.htm)
5. Universidad de Concepción. *Sistemas de Gestión Para el Manejo de Sustancias Químicas y Residuos Tóxicos*. [On Line]. *Manejo seguro de productos químicos y residuos tóxicos*. Concepción, Chile. Disponible Word Wide Web: [www.udec.cl/sqrt/cursos/sustpel/indicesuspel.html](http://www.udec.cl/sqrt/cursos/sustpel/indicesuspel.html)

# 4.1

## Acetona

- 4.1.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.1.1.1 SINONIMOS
  - 4.1.1.2 DESCRIPCION
  - 4.1.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.1.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.1.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.1.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.1.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.1.2.1 PRODUCCION
    - 4.1.2.1.1 Oxidación de Cumeno
    - 4.1.2.1.2 Deshidrogenación de Alcohol Isopropílico
  - 4.1.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.1.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.1.3.1 INHALACION
  - 4.1.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.1.3.3 INGESTION
  - 4.1.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.1.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.1.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
- 4.1.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.1.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.1.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.1.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.1.5.1.3 Inhalación
    - 4.1.5.1.4 Ingestión
    - 4.1.5.1.5 Rescate
  - 4.1.5.2 INCENDIOS

- 4.1.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
  
- 4.1.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.1.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
  
- 4.1.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.1.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.1.8.2 ALMACENAMIENTO
  
- 4.1.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.1.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.1.10.1 AIRE
  - 4.1.10.2 AGUA
  - 4.1.10.3 SUELO
  
- 4.1.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.1.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION
  
- 4.1.13 BIBLIOGRAFÍA

**4.1.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA** <sup>(3, 4, 5)</sup>**Fórmula:** C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O**Estructura Molecular:**  

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \end{array}$$
**CAS:** 67 - 64 -1**Número UN:** 1090**Clase de Riesgo Primario UN:** 3**4.1.1.1 SINÓNIMOS** <sup>(3, 4)</sup>

Dimetil Cetona; 2-Propanona; Beta - Cetopropano

**4.1.1.2 DESCRIPCIÓN**

La Acetona es una sustancia química presente en la naturaleza, contenida en plantas (cebollas, tomates, uvas), en alimentos tales como la leche, árboles, en los gases volcánicos, en incendios forestales; en el cuerpo humano, se encuentra como uno de los metabolitos de la sangre y como un producto de la descomposición de la grasa corporal. Está presente en los gases de combustión de los vehículos, el humo del tabaco y rellenos de seguridad. Los procesos industriales aportan una mayor cantidad de acetona al ambiente que los procesos naturales. <sup>(1, 6)</sup>

Es un líquido incoloro con un olor dulce similar al de las frutas y un sabor característico. Se evapora fácilmente, es inflamable y muy soluble tanto en agua como en solventes orgánicos tales como el éter, metanol, y etanol.

La Acetona se usa en la fabricación de plásticos, fibras, drogas y otros químicos. También se usa como solvente

**4.1.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES** <sup>(9)</sup>

Ingrediente	Por Ciento	Peligroso
Acetona	99 - 100%	Si

Se encuentra comercialmente como 99,5% de Acetona y 0,5% de agua.

**4.1.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS** <sup>(3, 4, 6)</sup>**Tabla 7. Propiedades físicas para la Acetona**

PROPIEDAD	VALOR
<b>Peso Molecular (g/mol)</b>	58,08
<b>Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)</b>	56,2; 760 mmHg
<b>Punto de Fusión (°C)</b>	-94,6
<b>Presión de Vapor (mmHg)</b>	181,72; 20 °C 231,06; 25°C
<b>Gravedad Específica (Agua = 1)</b>	0,78998; 20 °C 0,78440; 25 °C 0,78033; 30 °C
<b>Densidad del Vapor (Aire = 1)</b>	2,0
<b>Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)</b>	No Reportado
<b>pH</b>	2,5
<b>Solubilidad en Agua</b>	Miscible; 20°C
<b>Log Kow</b>	-0,24
<b>Log Koc</b>	0,73
<b>Límites de Inflamabilidad (% vol)</b>	2,15 – 13; 25 °C
<b>Temperatura de Auto ignición (°C)</b>	465
<b>Punto de Inflamación (°C)</b>	-9; copa abierto -18; copa cerrado

#### 4.1.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

La Acetona en estado puro es esencialmente inerte a la oxidación de aire bajo condiciones ambientales normales. Su estabilidad química disminuye significativamente en presencia de agua; puede reaccionar violentamente y en ocasiones de forma explosiva especialmente en recipientes confinados <sup>(10)</sup>.

La Acetona presenta las reacciones típicas de las cetonas saturadas. Estas reacciones incluyen adición, óxido – reducción y condensación, generando alcoholes, ácidos y aminas. La reactividad química de la Acetona es muy importante a nivel comercial en la síntesis de Metil Metacrilato, Alcohol Diacetona, Bisfenol A y otros derivados <sup>(4)</sup>.

##### 4.1.1.5.1 Incompatibilidades

La sustancia puede formar peróxidos explosivos en contacto con oxidantes fuertes como Acido Acético, Acido Nítrico y Peróxido de Hidrógeno. Reacciona con Cloroformo y Bromoformo en condiciones de basicidad generando peligro de incendio y explosión <sup>(5)</sup>.

Las mezclas de Acetona con Cloroformo pueden reaccionar violentamente en presencia de Alkali. Debido a su alta inflamabilidad, se han provocado incendios durante la recuperación de la Acetona del aire mediante la absorción con carbón activado cuando el flujo de aire no era lo suficientemente rápido para remover eficientemente el calor generado por la oxidación superficial <sup>(10)</sup>.

### 4.1.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

#### 4.1.2.1 PRODUCCIÓN <sup>(3,4)</sup>

La Acetona se fabrica principalmente mediante los procesos de peroxidación del Cumeno o la deshidrogenación del Alcohol Isopropílico (2 – Propanol). En el primer proceso, que es el utilizado en mayor proporción, el cumeno se oxida hasta hidroperóxido, el cual se rompe para producir Acetona y Fenol. En este proceso se producen grandes cantidades de Benceno como subproducto. En el segundo proceso, que es mucho más costoso, el Alcohol Isopropílico se deshidrogena catalíticamente para obtener Acetona e Hidrógeno. En muchos países como Rusia, Egipto, Brasil e India, se utiliza la fermentación de almidón de maíz y melazas para la producción de Acetona.

Algunas compañías recuperan la Acetona como un subproducto de otros procesos industriales, como la producción de Ácido Acético y de Etanol.

##### 4.1.2.1.1 Oxidación de Cumeno (Proceso Hock) <sup>(10)</sup>

Para la obtención de Cumeno, se mezcla Propeno y Benceno, que posteriormente se oxida con aire hasta Hidroperóxido de Cumeno. La oxidación de Cumeno es una reacción en cadena de radicales libres. El iniciador de la reacción es el Hidroxiperóxido de Cumeno, que es el principal producto de la reacción. Consecuentemente, esta oxidación industrial siempre se lleva a cabo en una serie de reactores continuos; la concentración de Cumeno en el primer reactor es de aproximadamente 8% en peso.

Además del Hidroperóxido de Cumeno, también se obtienen Dimetil Fenil Metanol y Acetofenona como subproductos. Esto se da por causa de una reacción en cadena secundaria que ocurre en forma paralela a la reacción principal. La obtención de subproductos se acelera a medida que la concentración de Hidroperóxido de Cumeno aumenta.

##### 4.1.2.1.2 Deshidrogenación de Alcohol Isopropílico <sup>(10)</sup>

Este es un proceso endotérmico a 327 °C. Se ha estudiado un gran número de catalizadores como Cobre, Zinc y Metales de Plomo, además de los Oxidos de Cobre, Zinc, Cromo, Manganeso y Magnesio.

En un proceso típico, la mezcla azeotrópica de agua y 2 – Propanol (87,8% en peso) se vaporiza y se alimenta a un lecho catalítico en un reactor especialmente diseñado para permitir una transferencia de calor eficiente. El Hidrógeno que se produce puede mezclarse con el alimento para prevenir fallas del catalizador. El reactor está compuesto de una gran cantidad de tubos de acero de 2,5 mm calentados con aceite, vapor a alta presión, gases calientes o sales fundidas. La reacción produce Hidrógeno como un muy valioso subproducto. Este se separa por condensación de los otros componentes. La Acetona se separa por destilación.

#### 4.1.2.2 APLICACIONES Y USOS

La acetona se utiliza principalmente como disolvente y como compuesto intermedio en la producción de sustancias químicas. Sus principales aplicaciones son la producción de Metil Metacrilato, Acido Metacrílico y Metacrilatos de mayor tamaño, Bisfenol A, Metil Isobutil Cetona, aplicaciones médicas y farmacéuticas (compuesto intermedio y solvente para drogas, vitaminas y cosméticos), como solvente para revestimientos, resinas, tintes, barnices, lacas, adhesivos y en acetato de celulosa. La Acetona también presenta usos en la industria alimenticia como disolvente de extracción para grasas y aceites, y como agente de precipitación en la purificación del azúcar y el almidón <sup>(4)</sup>.

#### 4.1.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### Frases de Riesgo <sup>(5)</sup>

**R11:** Fácilmente inflamable

**R36:** Irrita los ojos

**R66:** La exposición repetida puede causar sequedad y grietas en la piel

**R67:** La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo

El cuerpo humano fabrica pequeñas cantidades de Acetona a partir del procesamiento de la grasa corporal. La exposición a Acetona resulta principalmente de la inhalación de aire, consumo de agua o contacto con productos o suelos que contienen la sustancia. En el mercado existen diversos productos que contienen Acetona, como removedores de esmalte para uñas, removedores de pintura, muchas ceras en pasta o líquidas y ciertos detergentes y limpiadores. También se puede estar expuesto a Acetona si se está en contacto con Alcohol Isopropílico ya que este se convierte en Acetona en el cuerpo. El nivel de Acetona en el aire y el agua generalmente es bajo. La cantidad de Acetona en el aire de las grandes ciudades es mayor que el de las áreas rurales. Las personas que trabajan en ciertas industrias que procesan y usan Acetona pueden estar expuestas a grandes cantidades de la sustancia. Estas industrias incluyen fábricas de cierto tipo de pinturas, plásticos, fibras artificiales y zapatos. Se puede estar expuesto a niveles superiores a los normales encontrados en el ambiente si se es fumador frecuente, al usar removedores de esmalte de forma frecuente o viviendo cerca de autopistas <sup>(2)</sup>.

La Acetona es menos tóxica que muchos otros disolventes industriales; sin embargo, usada como solvente es extremadamente irritante para las membranas mucosas, una exposición a vapores de Acetona puede irritar el sistema respiratorio y los ojos, además puede provocar depresión del sistema nervioso central, falla cardiorrespiratoria y la muerte. La Acetona tiene propiedades anestésicas y causa dolor de cabeza, embotamiento, confusión y mareo y en concentraciones muy elevadas, puede provocar inconciencia. Se ha reportado que la exposición aguda del ser humano a concentraciones atmosféricas tan altas como 4750 mg/m<sup>3</sup>, (aproximadamente 2000 ppm), no produce grandes efectos tóxicos si efectos transitorios, como irritación ocular. Se reportaron efectos transitorios más graves (inclusive vómitos y desmayos) en trabajadores expuestos a concentraciones de vapor de acetona mayores o iguales a 25500 mg/m<sup>3</sup> (10600 ppm) durante 4 horas. Mujeres expuestas a concentraciones atmosféricas de 2370 mg/m<sup>3</sup> (1000 ppm) durante 8 horas padecieron trastornos menstruales <sup>(2,4)</sup>.

Después de una exposición a esta sustancia, la acetona es rápidamente absorbida sin importar la ruta de

exposición. La corriente sanguínea absorbe rápidamente la Acetona presente en los pulmones y en el estómago y la distribuye a todos los órganos del cuerpo, aunque no permanece allí por mucho tiempo. Si la exposición se lleva a cabo con una baja concentración de Acetona, el hígado facilita su degradación en compuestos que normalmente son inofensivos para la salud y los usa como fuente de energía para las funciones corporales, como glucosa (azúcar) y grasas; este proceso libera Dióxido de Carbono, que posteriormente se elimina en la respiración. No toda la Acetona que entra al cuerpo proveniente de fuentes externas se degrada, la cantidad que no se descompone se libera en la respiración o por la orina<sup>(1,2)</sup>. Estudios han demostrado que esta sustancia no es cancerígena.

#### **4.1.3.1 INHALACIÓN**

Durante una exposición, la Acetona se difunde por el tracto respiratorio de forma rápida y posteriormente se absorbe por la sangre. La absorción no es homogénea en todo el tracto respiratorio, y se ha comprobado que los pulmones retienen un mayor porcentaje de la Acetona inspirada (55%) que la cavidad nasal (18%). El mecanismo de absorción para esta sustancia se beneficia debido a la alta solubilidad de la Acetona en agua lo cual permite que se disuelva con facilidad en las células epiteliales durante la inspiración<sup>(2,3)</sup>.

El único efecto observado en el sistema respiratorio después de una exposición a vapores de Acetona de concentración moderadamente alta (5000 ppm) es irritación de la nariz, garganta, tráquea y pulmones. Estas propiedades irritantes se han notado tanto en trabajadores expuestos como en voluntarios bajo condiciones de laboratorio controladas. La irritación que se presenta es directamente proporcional a la concentración de la exposición y a la duración de la misma, además, se incrementa dependiendo del nivel de actividad física, por ejemplo, durante el ejercicio la ventilación pulmonar se incrementa facilitando el ingreso de mayor cantidad de la sustancia al organismo<sup>(3)</sup>.

La inhalación aguda de Acetona puede acortar el ciclo menstrual. La exposición a vapor concentrado de Acetona puede generar aceleramiento del pulso, irritación gastrointestinal, náusea, vómito y hemorragias. Sin embargo el umbral de olor de la Acetona (100-140 ppm) y la sensación de irritación sirven de advertencia que generalmente evitan que se esté seriamente sobre expuesto<sup>(3)</sup>.

#### **4.1.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS**

Se han hecho experimentos a nivel de laboratorio, que han permitido determinar que el contacto directo de la Acetona con la piel por aproximadamente 30 minutos, provoca irritación y daño celular leve<sup>(2)</sup>. La absorción que se presenta es rápida. No se encontraron estudios reportados sobre la distribución de la Acetona o de sus metabolitos después del contacto con la piel. Una aplicación de una cantidad no específica de Acetona sobre 12.5 cm<sup>2</sup> de piel en voluntarios por 2 horas/día por 4 días resultó en niveles de 5-12 ppm en el aire exhalado y concentraciones en la orina de 8-14 µg /mL cada día.

El contacto de Acetona con la piel de forma aguda resulta en cambios degenerativos en la epidermis y en algunas ocasiones se han reportado casos de dermatitis<sup>(3)</sup>.

#### **4.1.3.3 INGESTIÓN**

La ingestión de Acetona o cualquier sustancia que contenga Acetona produce inconciencia. En dosis de aproximadamente 2.250 miligramos por kilogramo de peso corporal, provoca daños en los tejidos de la boca, debilidad, y síntomas similares a los de la diabetes (sed y deseo de orinar muy frecuente). Las cantidades de Acetona presentes en el agua o comida no son suficientes para causar estos síntomas, pero se han reportado casos de personas y especialmente niños que han ingerido accidentalmente cantidades de acetona en removedores de esmalte o productos para el hogar que han presentado estos síntomas<sup>(2,3)</sup>.

#### **4.1.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

Una exposición a Acetona de forma crónica provoca somnolencia y mareo constante. La piel puede presentar resecaimiento, irritación e inflamación<sup>(3)</sup>.

#### 4.1.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

##### 4.1.3.5.1 Cardiovasculares

La información existente acerca de los efectos cardiovasculares posteriores a una exposición a Acetona es muy limitada. En pacientes expuestos a Acetona por inhalación o contacto con la piel, se ha reportado incremento en la frecuencia cardiaca. En estudios de laboratorio realizados en voluntarios, se determinó que no existen cambios en los electrocardiogramas tomados antes y después de una exposición a menos de 1250 ppm. No se han encontrado incrementos del riesgo de muerte por alguna enfermedad del sistema circulatorio debido a la exposición a Acetona <sup>(3)</sup>.

##### 4.1.3.5.2 Hematológicos

Se han observado efectos hematológicos durante y después de una exposición a Acetona consistentes en el aumento de la cantidad de glóbulos rojos en la sangre y disminuye la actividad fagocítica de los neutrofilos, aunque estos efectos no se han definido como nocivos para la salud <sup>(3)</sup>.

##### 4.1.3.5.3 Musculares

No se encontraron estudios referidos a los efectos musculares de la exposición, ingestión o contacto con Acetona.

##### 4.1.3.5.4 Hepáticos

De acuerdo con los resultados consultados en la bibliografía, no se encontraron indicaciones que demuestren que la Acetona tiene efectos hepáticos adversos <sup>(3)</sup>.

##### 4.1.3.5.5 Renales

De acuerdo con los resultados consultados en la bibliografía, no se encontraron indicaciones que demuestren que la Acetona tiene efectos renales adversos <sup>(3)</sup>.

##### 4.1.3.5.6 Endocrinos

No se encontraron estudios referidos a los efectos endocrinos de la exposición, ingestión o contacto con Acetona.

##### 4.1.3.5.7 Inmunológicos

La única información acerca de los efectos inmunológicos después de una exposición a Acetona, es un incremento significativo del conteo de glóbulos blancos en la sangre <sup>(3)</sup>.

##### 4.1.3.5.8 Neurológicos

Se han observado efectos en el comportamiento relacionados con el sistema neurológico en personas expuestas de forma aguda, tanto en el lugar de trabajo como en experimentos de laboratorio. Entre estos efectos se encuentran la ocurrencia de colapsos, dolores de cabeza, debilidad, depresión e irritabilidad, falta de coordinación en el movimiento de las manos, entre otros <sup>(3)</sup>.

#### 4.1.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA <sup>(4,9)</sup>

DL<sub>50</sub> (oral, ratas): 5800 mg/kg

CL<sub>50</sub> (Inhalación, ratones): 50100 mg/m<sup>3</sup>

Se sospecha que esta sustancia puede ser causante de la aparición de tumores, mutaciones y efectos adversos reproductivos pero no existen evidencias concluyentes que demuestren de forma definitiva su relación con estos efectos.

El Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos, la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos no han clasificado la Acetona como agente cancerígeno.

#### **4.1.5 RESPUESTA A ACCIDENTES**

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

##### **4.1.5.1 PRIMEROS AUXILIOS**

En el evento de una emergencia, se deben suministrar los procedimientos de primeros auxilios y remitir a la víctima para asistencia médica.

###### **4.1.5.1.1 Exposición en Ojos <sup>(8)</sup>**

Si Acetona entra en contacto con los ojos, éstos se deben lavar inmediatamente con grandes cantidades de agua por lo menos durante 15 minutos, levantando el párpado superior e inferior ocasionalmente para retirar rastros de la sustancia que puedan estar adheridos a esta superficie. Se debe acudir por atención médica tan pronto como sea posible. No se deben usar lentes de contacto cuando se este trabajando con esta sustancia. Si en la exposición, la víctima lleva puestos lentes de contacto, éstos se deben retirar de inmediato sin provocar lesiones adicionales.

###### **4.1.5.1.2 Exposición en la Piel <sup>(8)</sup>**

Se deben disponer de duchas en cualquier lugar en el que un trabajador corra el riesgo de entrar en contacto directo con Acetona, que faciliten la descontaminación del cuerpo en caso de emergencia. Si Acetona entra en contacto con la piel, se debe lavar la zona afectada inmediatamente con agua y jabón. Si la ropa se contamina con Acetona, ésta se debe remover inmediatamente y se debe lavar la piel que se haya afectado con agua y jabón. Si la irritación persiste después del lavado, se debe recibir atención medica lo más pronto posible.

###### **4.1.5.1.3 Inhalación <sup>(5)</sup>**

La víctima se debe mover hacia áreas donde puedan respirar aire fresco, se le debe permitir descansar y recibir atención médica. Si la víctima ha cesado de respirar se debe realizar el procedimiento de respiración artificial hasta que se recupere o hasta que llegue personal calificado de atención. En el caso de respiración dificultosa y si en las instalaciones existe equipo de respiración auxiliar con oxígeno, este procedimiento se debe administrar hasta la llegada de personal de atención de emergencias calificado.

###### **4.1.5.1.4 Ingestión <sup>(5, 9)</sup>**

Se debe lavar la boca con suficiente agua. No se debe inducir el vómito en víctimas que hayan ingerido esta sustancia, aunque puede producir vómito espontáneamente. Si ocurre vómito se deben tomar precauciones para evitar la aspiración de líquido en los pulmones. Nunca se debe administrar nada por vía oral a una persona inconsciente. Se debe hacer que la persona afectada se enjuague la boca y que se le proporcione asistencia médica lo más rápidamente posible.

###### **4.1.5.1.5 Rescate <sup>(8)</sup>**

La persona afectada se debe retirar rápidamente del área de peligro. Si un trabajador se encuentra incapacitado debido a la exposición, se debe retirar del lugar de exposición. Se deben poner en práctica los procedimientos de rescate de emergencia establecidos para el lugar de trabajo específico. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

#### 4.1.5.2 INCENDIOS

La Acetona es una sustancia altamente inflamable, no se debe exponer a llamas abiertas, chispas ni se debe fumar cerca de cualquier fuente de Acetona o almacenamiento de la misma. En caso de incendios pequeños, se debe usar polvo químico seco o dióxido de carbono. En caso de incendios de mayor magnitud, se debe usar espuma resistente al alcohol o agua en grandes cantidades. El agua atomizada puede ayudar a reducir la intensidad de las llamas <sup>(5,10)</sup>.

#### 4.1.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS <sup>(8)</sup>

Si se derrama o libera Acetona, se deben realizar los siguientes procedimientos:

- Retirar cualquier posible fuente de ignición.
- Ventilación del área de fuga o derrame.
- Para pequeñas cantidades, absorber con toallas de papel y colocarlas en un contenedor hermético. Se debe evaporar en un lugar seguro, como dentro de una campana de gases. Se debe permitir que transcurra el tiempo suficiente para la total evaporación dentro de la campana. Se debe quemar el papel en un lugar apropiado alejado de materiales combustibles.
- Grandes cantidades de líquido que contenga Acetona se pueden absorber con arena seca, tierra o materiales similares no combustibles. No se debe permitir que la Acetona entre en espacios confinados tales como cloacas debido a la posibilidad de una explosión.
- Los derrames de líquidos que contengan Acetona se pueden recolectar mediante un sistema apropiado de aspiración. Si se usa este sistema, no deben haber fuentes de ignición cerca del derrame.

En casos en los cuales los niveles de Acetona en el ambiente excedan los límites permitidos de exposición, las personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben restringir de las áreas de fugas hasta que la limpieza se haya completado.

#### 4.1.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; ACGIH):** 500 ppm (1993 - 1994) <sup>(5)</sup>

**STEL (TWA; ACGIH):** 750 ppm (Fecha de estudio no reportada) <sup>(7)</sup>

**PEL (TWA; OSHA para la industria general):** 1000 ppm; 2400 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(7)</sup>

**PEL (TWA; OSHA para la industria de la construcción):** 1000 ppm; 2400 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(7)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

**ACGIH:** American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales)

**OSHA:** Occupational Safety and Health Administration (Administración para la Salud y Seguridad Ocupacional)

#### 4.1.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(8)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropa de protección para químicos, guantes, caretas (mínimo de ocho pulgadas) y otros tipos de ropa protectora necesaria para prevenir cualquier contacto de la piel con Acetona.

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras en lugares en los cuales exista la posibilidad de que la Acetona entre en contacto con los ojos.

#### 4.1.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(8)</sup>

El uso de respiradores es el último método para controlar la exposición de un trabajador y normalmente no debería ser utilizado como única vía de prevención o minimización de la exposición durante una operación de rutina. Sin embargo, existen algunas excepciones donde los respiradores se pueden usar para controlar la exposición. Se debe usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia.

Además de la selección del respirador, debe ser instituido un programa completo de protección respiratoria. El programa debe incluir como mínimo, una evaluación del desempeño del trabajador al usar el respirador, el entrenamiento regular al personal, monitoreo periódico del ambiente, evaluación adecuada, mantenimiento, inspección y limpieza. La implementación de un programa adecuado de protección respiratoria, incluyendo la selección del respirador correcto, requiere que una persona con suficientes conocimientos se encuentre a cargo del programa y de su evaluación periódica.

**Tabla 8. Protección respiratorio mínima para Acetona en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima (OSHA)
Concentración menor o igual a 1000 ppm.	Cualquier respirador de cartucho químico. Cualquier respirador con suministro de aire de pieza facial completa. Cualquier respirador. Cualquier aparato de respiración autocontenido.
Concentración menor o igual 6250 ppm	Cualquier aparato de respiración autocontenido operado en flujo continuo (puede requerir protección en los ojos).
Concentración menor o igual a 12500 ppm.	Cualquier respirador de purificación de aire con pieza facial completa (máscara de gases) provista de protección contra vapores orgánicos. Cualquier respirador con pieza facial completa. Cualquier aparato de respiración autocontenido con careta completa.
Concentración menor o igual a 20000 ppm.	Cualquier respirador con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Concentración desconocida	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier respirador de purificación de aire con pieza facial completa (máscara de gases) provista de protección contra vapores orgánicos. Cualquier aparato de respiración autocontenido para escapes.

Tomado de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Acetone" (8)

#### 4.1.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO, ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Se debe prohibir el almacenamiento, preparación o consumo de alimentos o bebidas, el almacenamiento o aplicación de cosméticos, almacenamiento o consumo de tabaco en las áreas de trabajo donde se manipule de alguna manera esta sustancia.

Los trabajadores que deben manipular Acetona se deben lavar las manos, rostro y antebrazos antes de consumir alimentos, fumar o usar el sanitario <sup>(8)</sup>.

##### 4.1.8.1 FRASES DE SEGURIDAD <sup>(5)</sup>

**S2:** Manténgase fuera del alcance de los niños

**S9:** Consérvese el recipiente en un lugar bien ventilado

**S16:** Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas – No fumar

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávese inmediata y abundantemente con agua y acúdase al médico

**S33:** Evítese la acumulación de cargas electrostáticas

##### 4.1.8.2 ALMACENAMIENTO <sup>(9, 10)</sup>

La Acetona es inflamable, por lo cual, todos los contenedores de almacenamiento y transporte se deben etiquetar adecuadamente con el nombre de la sustancia y el código seleccionado para identificar sustancias inflamables. En cualquier lugar que se deba manipular Acetona, se deben tomar las debidas precauciones teniendo en cuenta los peligros de inflamación. Los contenedores se deben proteger del daño físico. Se debe almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado, lejos de las áreas con peligro agudo de incendio. Es preferible el almacenamiento exterior o separado. Se deben usar herramientas y equipo que no produzcan chispas, incluyendo ventilación a prueba de explosión en lugares donde esta sustancia puede alcanzar concentraciones importantes en el aire. Los envases de este material pueden ser peligrosos cuando están vacíos ya que retienen residuos del producto (vapores, líquido).

Se debe evitar el contacto de Acetona con oxidantes fuertes ya que puede provocar explosión. Una exposición prolongada a la luz del día puede resultar en la formación de monóxido de carbono, que es un gas moderadamente tóxico.

#### 4.1.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES<sup>(6)</sup>

Tabla 9. Usos, generación y control de emisiones de Acetona

Uso / Generación	Control
Durante la aplicación de lacas, pinturas y barnices	Ventilación natural, extrema ventilación local; ventilación en la habitación de trabajo; equipo de protección personal.
Durante el uso de solventes y agentes de cementado.	Equipo de protección personal.
Durante la aplicación de recubrimientos de protección; durante operaciones de limpieza.	Extrema ventilación local, equipo de protección personal.
Durante procesos de fabricación de recubrimientos y tinturas.	Extrema ventilación local, ventilación general mecánica, equipo de protección personal.

#### 4.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE <sup>(3, 4)</sup>

El cuerpo humano produce Acetona como resultado del procesamiento de grasas. En el ambiente se produce de forma natural como resultado de la biodegradación de aguas residuales, desechos sólidos y alcoholes y como producto de la oxidación de sustancias húmicas. Se ha detectado Acetona en una gran variedad de plantas y alimentos, como cebollas, uvas, coliflores, tomates, mostaza, leche, granos, guisantes, queso y pechu-

ga de pollo. Otras fuentes naturales son las emisiones provenientes de ciertas especies de árboles que contienen vapores de Acetona y la emisión directa del océano.

Existe un sinnúmero de fuentes antropogénicas de Acetona, cada una de las cuales contiene diferentes niveles y concentraciones de la sustancia. Las emisiones al medio acuático incluyen descargas de aguas de desecho provenientes de diferentes industrias y lixiviados provenientes de rellenos de seguridad industriales y rellenos sanitarios municipales. La mayor fuente de emisiones a la atmósfera proviene de la evaporación de la Acetona usada como solvente en productos de recubrimiento como pinturas, limpiadores, barnices y tintas. La Acetona es un producto de la combustión de madera, basuras, plásticos y por combustión de en motores de turbinas y diesel.

Se forma en la atmósfera mediante la oxidación fotoquímica del propano y posiblemente del óxido de propileno y epiclorhidrina.

La acetona se vierte a las aguas superficiales en los efluentes de aguas residuales de una amplia gama de procesos e industrias de fabricación, como el papel, el plástico, productos farmacéuticos, limpiadores y abrillantadores químicos elaborados, pinturas y productos conexos, productos químicos del caucho y la madera, intermediarios cíclicos, productos orgánicos industriales, productos del yeso, productos de cartón de papel e industrias de la energía, como la gasificación del carbón y el tratamiento de esquistos bituminosos.

Entre las fuentes de incorporación de acetona al suelo figuran el vertido de residuos agrícolas y alimentarios, residuos animales, deposición húmeda desde la atmósfera, efluentes de fosas sépticas domésticas y vertederos de residuos químicos <sup>(4)</sup>.

#### **4.1.10.1 AIRE <sup>(3,4)</sup>**

Las emisiones atmosféricas de Acetona al aire provienen principalmente de el uso de diversos productos del mercado que contienen esta sustancia, como lo son removedores de esmalte para uñas, algunos removedores de pintura, ciertas ceras en pasta o líquidas, algunos detergentes y limpiadores, adhesivos, y limpiadores para carburador.

Los principales mecanismos de degradación de Acetona en el ambiente son la fotólisis y reacción con los radicales hidroxilo. La vida media promedio en el proceso de fotólisis (más la reacción de las moléculas de Acetona excitadas) es de aproximadamente 40 días. Se han postulado mecanismos de reacción probables para la reacción de la Acetona con los radicales hidroxilo en la troposfera, y el Metil – glioxal es el principal producto de esta reacción. Los principales productos de la fotólisis de la Acetona son el Dióxido de Carbono y el Acetilperoxinitrato. La oxidación fotoquímica de la Acetona en presencia de Óxidos de Nitrógeno produce pequeñas cantidades de Ácido Peroxiacético y Nitrato de Peroxiacetilo.

La completa miscibilidad de la Acetona en agua sugiere que es probable que se remueva del aire mediante la vía húmeda (lluvias y rocío). Se han estudiado las reacciones del vapor de Acetona con los Oxidos de Nitrógeno, Radicales Hidroxilo (OH)<sup>-</sup> y Radicales Nitrato. Estas reacciones son insignificantes para determinar el destino final de la Acetona en la atmósfera. Mediante estudios hechos dentro de una campana para gases utilizando Acetona y Oxidos de Nitrógeno, se ha demostrado que la Acetona tiene baja reactividad en cuanto a la formación de Dióxido de Nitrógeno y Ozono y que la velocidad de desaparición de Acetona mediante este proceso es también baja.

#### **4.1.10.2 AGUA <sup>(3,4)</sup>**

La Acetona está presente en las aguas residuales de ciertas industrias de químicas como las de papel, plástico, fármacos, productos especiales de limpieza y pulidores, pinturas y productos similares, químicos orgánicos industriales, productos de yeso entre otros. También se libera en el agua proveniente de las industrias relacionadas con la energía, como las de gasificación de carbón y procesamiento de aceite de esquisto. La acetona se puede liberar hacia aguas subterráneas como resultado de los procesos de lixiviación provenientes de rellenos de seguridad

industriales y rellenos sanitarios municipales. Adicionalmente, la acetona se puede liberar a partir del solvente del cemento usado para unir tubos de Polietileno y de otros plásticos usados en las tuberías de distribución de agua potable y doméstica.

Entre las fuentes naturales de la Acetona se encuentran los alimentos, el cuerpo humano y el agua marina en donde se libera mediante fotorreacciones de la materia orgánica disuelta.

Se ha examinado la biodegradabilidad de la Acetona mediante estudios realizados con diferentes microorganismos aeróbicos en efluentes de plantas de tratamiento de desechos y lodos activados. Estos estudios indican que la Acetona es fácilmente biodegradable por microorganismos acondicionados. La biodegradación de la Acetona es mucho más lenta en agua marina que en agua fresca. Otros estudios indican que la acetona también puede ser degradada anaerobicamente.

#### 4.1.10.3 SUELO<sup>(3,4)</sup>

La Acetona se filtra rápidamente en el suelo. Las fuentes de liberación de Acetona al suelo incluyen eliminación de desechos de la agricultura, desechos animales y efluentes provenientes de tanques sépticos domésticos.

Estudios hechos acerca de la biodegradación de la Acetona en el suelo y sedimentos, indican que este es un proceso bastante significativo. Debido a su alta solubilidad en el agua y a su bajo coeficiente de adsorción en los sedimentos, la acetona se encuentra básicamente en el agua y rara vez en los sedimentos.

#### 4.1.11 ECOTOXICIDAD<sup>(9)</sup>

No se espera que este material sea tóxico para la vida acuática. Los valores de LC50/96-horas para peces son superiores a 100 mg/l.

#### 4.1.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICIÓN<sup>(10)</sup>

Debido a que la gran mayoría de la producción mundial de Acetona se hace a partir de el proceso de oxidación del Cumeno, se sugiere una revisión constante del proceso. Las fuentes de contaminación de una planta de Acetona – Fenol son las emisiones hechas a la atmósfera y las descargas líquidas.

Las operaciones de lavado en la planta permite el surgimiento de corrientes acuosas que contienen cantidades significativas de materiales orgánicos. El material insoluble se recupera mediante decantación. Los compuestos orgánicos más abundantes en el agua de decantación son el Fenol y la Acetona, (0.5 – 3% en peso, respectivamente). También hay pequeñas cantidades de Cumeno (0.001 – 0.1%), ? – metil estireno, Dimetil Fenil Metanol, Acetofenona, Formaldehído, Ácido Fórmico y varios condensados. El Fenol, el Formaldehído y el Acido Fórmico están clasificados como sustancias peligrosas, pero solamente el Fenol está presente en cantidades suficientes que requieren ser removidas. El Fenol se remueve de la solución acuosa mediante una extracción con un solvente, remoción con vapor o adsorción con carbón activado o resinas de donde se recupera posteriormente. El Fenol es lo suficientemente valioso como para realizar una inversión que permita su recuperación. El Fenol residual en el agua se degrada biológicamente.

#### 4.1.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Managing Hazardous Material Incidents, Acetone [en línea]. Septiembre de 1995 [citado julio 20 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts21.pdf>
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Managing Hazardous Material Incidents, Acetone [en línea]. Mayo de 1994 [citado julio 20 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs21.html>

3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; *Toxicological Profile, Acetone* [en línea]. Mayo de 1994 [citado julio 20 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp21.pdf>
4. Organización Mundial de la Salud. *Environmental Health Criteria 207, Acetone* [en línea]. 1998 [citado en julio 20 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc207.htm>
5. Organización Mundial de la Salud. *International Chemical Safety Cards, Acetone* [en línea]. Abril de 1994 [citado en julio 20 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc00/icsc0087.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc00/icsc0087.htm)
6. United Nations Environmental Programme. *SIDS Initial Assessment Report for 9 SIAM, Acetone* [en línea]. Junio de 1999 [citado en julio 20 de 2003]. Disponible en [http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/volume6/part1/v6\\_acetone.pdf](http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/volume6/part1/v6_acetone.pdf)
7. Occupational Safety & Health Administration. *Chemical Sampling Information, Acetone* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado febrero de 2000 [citado julio 20 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_216600.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_216600.html)
8. Occupational Safety & Health Administration. *Occupational Safety and Health Guideline for Acetone* [en línea]. 1988 [citado julio 20 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0004.pdf>
9. Mallinckrodt Baker Inc. *Materia safety Data Sheet, Acetone* [en línea] octubre de 2001 [citado en julio 20 de 2003]. Disponible en <http://www.jtbaker.com/msds/spanishhtml/A0446.htm>
10. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 1; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989*

Acetona

## 4.2

# Acido clorhídrico

- 4.2.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.2.1.1 SINONIMOS
  - 4.2.1.2 DESCRIPCION
  - 4.2.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.2.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.2.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.2.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.2.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.2.2.1 PRODUCCION
    - 4.2.2.1.1 Proceso de Sal y Ácido Sulfúrico
    - 4.2.2.1.2 Proceso de Hargreaves
    - 4.2.2.1.3 Proceso Sintético
    - 4.2.2.1.4 Cloruro de Hidrógeno como Subproducto
  - 4.2.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.2.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.2.3.1 INHALACION
  - 4.2.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.2.3.3 INGESTION
  - 4.2.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.2.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.2.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA
- 4.2.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.2.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.2.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.2.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.2.5.1.3 Inhalación
    - 4.2.5.1.4 Ingestión
  - 4.2.5.2 INCENDIOS
  - 4.2.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

4.2.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

4.2.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

4.2.7.1 PROTECCION RESPIRATORIA

4.2.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

4.2.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

4.2.8.2 ALMACENAMIENTO

4.2.9 USOS Y CONTROLES

4.2.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

4.2.11 ECOTOXICIDAD

4.2.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

4.2.13 BIBLIOGRAFÍA



**4.2.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA** <sup>(1,6)</sup>

**Fórmula Molecular:** HCl

**Fórmula Estructural:**

**CAS:** 7647-01-0

**Número UN:**

1789 (Solución)

1050 (Anhidro)

2186 (Gas Licuado Refrigerado)

**Riesgo Principal UN:** 2.3 (Gas Licuado y Anhidro)

**Riesgo Secundario UN:** 8 (En solución acuosa)

**4.2.1.1 SINÓNIMOS**

Acido Clorhídrico (solución acuosa), Acido Hidroclórico (solución acuosa), Acido Muriático (solución acuosa), Cloruro de Hidrógeno (gas, Anhidro), Hidrocloruro, Espíritu de la Sal, Hydrogen Chloride, Hydrochloric Acid (Ingles), Chloorwaterstof (Holanda), Chlorwasserstoff (Alemania) <sup>(3,4)</sup>.

**4.2.1.2 DESCRIPCIÓN**

Este compuesto se puede encontrar como gas licuado, donde se conoce como Cloruro de Hidrógeno, o como soluciones acuosas de diferentes concentraciones, que corresponden al ácido propiamente dicho. A temperatura ambiente, el Cloruro de Hidrógeno es un gas incoloro o ligeramente amarillo con olor fuerte. En contacto con el aire, el gas forma vapores densos de color blanco debido a la condensación con la humedad atmosférica. El vapor es corrosivo y, a concentraciones superiores a 5 ppm, puede causar irritación. La forma acuosa, comúnmente conocida como Acido Muriático o Clorhídrico es un líquido sin olor a bajas concentraciones y humeante y de olor fuerte para concentraciones altas <sup>(1,2,4)</sup>.

Está disponible comercialmente como un gas Anhidro o en forma de soluciones acuosas (Acido Clorhídrico). El Acido Clorhídrico comercial contiene entre 33% y 37% de Cloruro de Hidrógeno en agua. Las soluciones acuosas son generalmente incoloras pero pueden generar ligero color azul o amarillo a causa de trazas de Hierro, Cloro e impurezas orgánicas. Esta no es una sustancia combustible <sup>(1,2,4)</sup>.

**4.2.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES** <sup>(11)</sup>

Acido Clorhídrico Concentrado (Muriático)

Componentes	Contenido	Peligroso
Cloruro de Hidrógeno	37%	Si
Agua	63%	No

**4.2.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS** <sup>(1,2,4)</sup>

**Tabla 10. Propiedades físicas para el Acido Clorhídrico**

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	36,46
Estado físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	-84,9; anhidro 53; solución acuosa 37%
Punto de Fusión (°C)	-114,8; anhidro -74; solución acuosa 37%

**Tabla 10. Propiedades físicas para el Acido Clorhídrico (continuación)**

PROPIEDAD	VALOR
Presión de Vapor (mmHg)	30780; anhidro 20 °C 19613; anhidro 0 °C 158; solución acuosa 37% 20 °C
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,184; solución acuosa 37%
Densidad del Vapor (Aire = 1)	1,257
pH	0,1 (1N); 2,01 (0.01N)
Solubilidad en Agua	67; 20 °C 82; 0 °C
Temperatura de Auto ignición (°C)	No Aplica
Punto de Inflamación (°C)	No Aplica

#### 4.2.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Gas Anhidro no es generalmente activo, pero sus soluciones acuosas son uno de los ácidos más fuertes y activos. Al entrar en contacto con Oxidos Metálicos y con Hidróxidos forma Cloruros. Descompone las zeolitas, escorias y muchos otros materiales silíceos para formar Acido Silícico. Reacciona con los carbonatos básicos liberando Dióxido de Carbono y Agua. Se oxida en presencia de oxígeno y catalizador o por electrólisis o por medio de agentes oxidantes fuertes para producir Cloro<sup>(1,2,5)</sup>.

##### 4.2.1.5.1 Incompatibilidades

El contacto del Acido Clorhídrico con metales que se encuentran arriba de la posición del Hidrógeno en la serie electromotriz, como el Zinc, genera liberación de Hidrógeno gaseoso. Reacciona con Aminas y Alcalis. Estas reacciones pueden generar suficiente calor para causar fuego en materiales combustibles adyacentes. Ataca también algunos tipos de plásticos, caucho y recubrimientos<sup>(4,6,8)</sup>.

En general esta sustancia es incompatible con: Acetatos, Anhídrido Acético, Alkoholes mas Cianuro de Hidrógeno, 2-Amino Etanol, Hidróxido de Amonio, Carburo de Calcio, Carburo de Cesio Acetileno, Acido Cloro Sulfónico, 1,1-Difluoroetileno, Etilen Diamina, Etileneimina, Flúor, Sulfato Mercuríco, Oleum, Acido Perclórico, Permanganato de Potasio, Oxido de Propileno, Carburo de Rubidio Acetileno, Perclorato de Plata + Tetracloruro de Carbono, Sodio, Hidróxido de Sodio, Acido Sulfúrico y Acetato de Vinilo<sup>(9)</sup>.

## 4.2.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

### 4.2.2.1 PRODUCCIÓN

El Cloruro de Hidrógeno se produce comercialmente por cualquiera de las siguientes vías:

#### 4.2.2.1.1 Proceso de Sal y Ácido Sulfúrico

Se hace reaccionar Cloruro de Sodio con Acido Sulfúrico para formar Cloruro de Hidrógeno y Carbonato Acido de Sodio (Bicarbonato de Sodio – NaHCO<sub>3</sub>) a temperaturas en el nivel de los 150 °C; estos mismos reactivos a temperaturas de 1.000 °C generan Sulfato de Sodio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Las reacciones que implican la producción del Acido son endotérmicas (Esta misma reacción se trabaja en otros procesos pero todos ellos incluyen la administración de temperatura a una masa reactiva y luego una recuperación del Cloruro de Hidrógeno por operaciones de absorción para producir soluciones concentradas de Acido Clorhídrico)<sup>(1,2)</sup>.

#### 4.2.2.1.2 Proceso Hargreaves

Aunque este proceso esta en desuso, se incluye por su tradición. Su abandono se debe a la dificultad de lograr Acido concentrado a partir de soluciones diluidas de gas y al incremento en la mano de obra. Se hace reaccionar Sal, Dióxido de Azufre, aire y vapor de agua. Se generan los mismos productos que en el proceso anterior. Las reacciones son exotérmicas y a causa de ello se genera suficiente calor para mantener la reacción del proceso una vez los reactivos llegan a la temperatura deseada, la cual puede variar de 420 °C a 540 °C<sup>(1,2)</sup>.

#### 4.2.2.1.3 Proceso Sintético

El Cloruro de Hidrógeno se puede sintetizar por la combustión de una mezcla controlada de Cloro e Hidrógeno. El producto posee tanto alta concentración como alta pureza; por este procedimiento sin mayor purificación se llega hasta 98% de pureza y luego de los tratamientos de purificación a 99,7%. Las temperaturas de reacción alcanzan los 1.200 °C (2200 °F), siendo una reacción altamente exotérmica<sup>(1,2)</sup>.

#### 4.2.2.1.4 Cloruro de Hidrógeno como Subproducto

La cloración de muchos químicos orgánicos genera Cloruro de Hidrógeno como subproducto. Como ejemplo se destaca la cloración de Metano y Benceno. El Cloruro de Hidrógeno producido a partir de reacciones de cloración puede estar contaminado con Cloro, aire, productos orgánicos clorados, reactantes en exceso y humedad, dependiendo del proceso individual así que la corriente de productos debe ser purificada en operaciones posteriores<sup>(1,2)</sup>.

Luego de dejar la planta de generación, el Cloruro de Hidrógeno se trata en varios pasos, que pueden incluir la remoción de sólidos suspendidos, enfriamiento, absorción, desorción o licuefacción. El tratamiento exacto depende de la composición y la temperatura del gas y de la composición y naturaleza del producto. Puede generarse entonces gas licuado, Cloruro de Hidrógeno Anhidro o soluciones en agua para producir Acido Clorhídrico<sup>(1,2)</sup>.

Este gas se puede generar de manera indeseada por la combustión de muchos plásticos. En la atmósfera y de manera natural se encuentra en erupciones volcánicas y gases de fumarolas. Otra fuente natural de Acido Clorhídrico la representa el estómago de mamíferos en general<sup>(1,2)</sup>.

#### 4.2.2.2 APLICACIONES Y USOS<sup>(1, 2, 4, 5)</sup>

La mayoría del Cloruro de Hidrógeno producido se consume en la industria química pero tiene aplicaciones difundidas en limpieza, desinfección y tratamiento de aguas.

La producción de Cloruro de Vinilo y otros hidrocarburos clorados consume grandes cantidades de Cloruro de Hidrógeno Anhidro. También se consume para la producción de cauchos y polímeros clorados.

En la extracción de petróleo, en forma acuosa, se usa para acidificar los pozos petroleros con el fin de aumentar el flujo del crudo a través de estructuras de roca calcárea.

Se encuentra como aditivo o componente principal de muchos productos de limpieza, desinfección y para evitar la formación de depósitos carbonatados en baños y piscinas.

En la industria de los metales se usa en la refinación de minerales metálicos, en limpieza, desincrustación ácida y en electroplateado.

Se usa en la refinación de grasas, jabones y aceites comestibles, en la curtición del cuero, producción de fertilizantes, colorantes y pigmentos y en el ajuste del pH del agua.

#### 4.2.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### Acido Clorhídrico, Concentración Mayor a 25%<sup>(6, 10)</sup>

**R34:** Provoca quemaduras

**R37:** Irrita las vías respiratorias

##### Acido Clorhídrico, Concentración Entre 10% y 25%<sup>(6, 10)</sup>

**R36/38:** Irrita los ojos y la piel

Los efectos principales del Acido Clorhídrico sobre la salud corresponden casi exclusivamente a la irritación del área de contacto. La exposición no implica en general efectos sobre órganos diferentes de aquellos en la superficie de contacto o portal de entrada <sup>(5)</sup>.

Esta sustancia es altamente soluble en agua. A niveles bajos, sus efectos agudos se resumen a la percepción por el olfato e irritación del tracto respiratorio superior. A mayores concentraciones puede causar irritación conjuntiva, daño en la superficie de la cornea e inflamación transitoria de la epidermis. En exposiciones cortas, induce obstrucción transitoria del tracto respiratorio, que disminuye con la exposición repetida, lo que sugiere adaptación a la circunstancia de exposición. Trabajadores adaptados a la presencia de Acido Clorhídrico en el ambiente en forma de gases o vapores pueden trabajar sin perturbación alguna con niveles de hasta de 10 ppm, pero la exposición crónica puede afectar los dientes, resultando en erosión de las superficies dentales en los dientes frontales <sup>(4, 5, 6, 8)</sup>.

Las mayores fuentes de exposición al Acido Clorhídrico en cualquiera de sus formas y que representan alguna significancia para la salud humana se encuentran en la industria. La exposición se puede dar como resultado de malos procedimientos de manejo y fallas técnicas de planta o a través de derrames accidentales. También se generan riesgos potenciales de exposición durante muestreos del proceso, válvulas dañadas, uniones mal selladas y acoples deficientes en bombas, reactores o compresores <sup>(5)</sup>.

Cuando esta sustancia entra en contacto con algunos metales, se genera Hidrógeno gaseoso inflamable, que puede estallar violentamente y con alta liberación de calor si entra en contacto con fuentes de ignición como cigarrillos o cortos en el sistema eléctrico <sup>(1, 2, 8, 9)</sup>.

En la dilución de Acido Clorhídrico concentrado en agua se debe tener presente que su adición al agua puede generar ebullición y salpicaduras violentas que pueden ser fuente de exposición a este material. Por tal motivo se recomienda realizar la dilución agregando el ácido al agua <sup>(9)</sup>.

#### **4.2.3.1 INHALACIÓN**

Esta es una vía importante de exposición al Cloruro de Hidrógeno en forma gaseosa (Anhidro) o a los vapores procedentes del ácido concentrado. Su olor y propiedades altamente irritantes generalmente proveen advertencia adecuada contra exposiciones agudas de alto nivel de concentración. Por lo regular para el 50% de las personas expuestas a concentraciones de Acido Clorhídrico iguales al Límite Permisible de Exposición (PEL) de OSHA (5 ppm) la percepción del olor de la sustancia se hace mínima y por tal razón no es una forma adecuada de identificar su presencia en concentraciones bajas <sup>(4, 8)</sup>.

Los vapores de Acido Clorhídrico son mas pesados que el aire y pueden causar peligro de asfixia en lugares cerrados, poco ventilados o áreas de nivel bajo <sup>(6)</sup>.

En forma gaseosa, esta sustancia puede alcanzar concentraciones dañinas en el aire muy rápidamente en el caso de escape del contenedor <sup>(6)</sup>.

La inhalación de altas concentraciones del gas o vapores del ácido concentrado pueden causar neumonitis y edema pulmonar, dando lugar al Síndrome de Disfunción Reactiva de Vías Respiratorias (RADS por las siglas en ingles), un tipo de asma inducido por la acción de químicos o de agentes irritantes. Los efectos pueden ser retardados y por tanto se requiere observación médica inmediata <sup>(4, 6)</sup>.

El Acido Clorhídrico en cualquiera de sus formas (Gas Anhidro o vapores) es extremadamente irritante para las membranas mucosas de la nariz, garganta y tracto respiratorio. Exposición corta a niveles de 35 ppm causa irritación de garganta y niveles de 50 a 100 ppm son apenas tolerables por una hora. El mayor impacto es en el tracto respiratorio superior; las exposiciones a mayores concentraciones pueden llevar rápidamente a hinchazón y espasmo de la

garganta y, en últimas, a sofocación. Aquellas personas más seriamente expuestas tienen ataques inmediatos de respiración rápida, tonalidad azul en la piel y estrechamiento bronquial. Pacientes que poseen exposición masiva pueden desarrollar acumulación de fluido en los pulmones <sup>(1, 2, 4, 8)</sup>.

Los niños pueden ser mas vulnerables a los agentes corrosivos que los adultos a causa de los diámetros de vías de aire relativamente menores. Pueden también ser más vulnerables a gases o vapores a causa de su mayor frecuencia respiratoria y por la dificultad en la evacuación rápida de áreas de derrame <sup>(4)</sup>.

Niños expuestos a iguales niveles de Acido Clorhídrico que adultos pueden absorber mayores dosis debido a que ellos poseen relaciones de área superficial pulmonar a peso corporal mayores. Además, pueden estar expuestos a mayores niveles que los adultos en la misma ubicación a causa de su baja estatura y mayores niveles de Cloruro de Hidrógeno (como vapores o gas) que se encuentran en alturas cercanas al piso <sup>(4, 5)</sup>.

#### **4.2.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS**

Quemaduras profundas en la piel y en membranas mucosas son causadas por el contacto con Acido Clorhídrico concentrado o gaseoso, a causa de lo cual se pueden generar cicatrices deformantes. El contacto con Acido Clorhídrico, vapores o nieblas menos concentrados puede causar enrojecimiento e irritación leve de la piel afectada.

La exposición de los ojos a vapores o soluciones de Acido Clorhídrico concentrado pueden causar muerte de las células corneas, cataratas y glaucoma. La exposición a soluciones diluidas puede producir dolor punzante y heridas como úlceras de la superficie del ojo.

Los niños son más susceptibles a los agentes tóxicos como este que afectan la piel a causa de su relación de área superficial a peso corporal relativamente más alta <sup>(4, 5)</sup>.

#### **4.2.3.3 INGESTIÓN**

La ingestión de Acido Clorhídrico concentrado puede causar dolor, dificultad al tragar, náusea y vómito. En forma concentrada, puede causar heridas corrosivas severas en la boca, garganta, esófago y estomago, con sangrado, perforación y formación de cicatrices como secuelas potenciales <sup>(1, 2, 4, 8)</sup>.

#### **4.2.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

La exposición crónica o prolongada a Cloruro de Hidrógeno como gas o en nieblas (Acido Clorhídrico) ha sido asociada con cambios en el funcionamiento pulmonar, inflamación crónica de los bronquios, ulceración nasal y síntomas parecidos a aquellos que se presentan para una infección viral aguda del tracto respiratorio superior, así como también inflamación de la piel, decoloración y erosión dental e inflamación de la membrana ocular <sup>(4, 5, 8)</sup>.

Los pacientes que hayan ingerido Acido Clorhídrico pueden experimentar formación de costras o peladuras en el esófago o estomago, lo que puede causar estrechez, dificultad de tragar u obstrucción de salidas gástricas <sup>(4)</sup>.

#### **4.2.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

##### **4.2.3.5.1 Efectos Cardiovasculares<sup>(4)</sup>**

La ingestión de Acido Clorhídrico concentrado o la exposición cutánea masiva ya sea al ácido o al gas puede causar baja en la presión arterial como resultado de sangrado gastrointestinal o desplazamiento de fluido. Luego de una exposición aguda, el funcionamiento pulmonar generalmente retorna a la normalidad en un lapso de 7 a 14 días.

##### **4.2.3.5.2 Efectos Hematológicos**

Una rara e inusual complicación de la ingestión de altos niveles de Cloruro de Hidrógeno es un incremento en la concentración de iones Cloruro en la sangre, causando un desbalance ácido – base conocido como acidosis <sup>(4)</sup>.

HCl

Acido clorhídrico

#### 4.2.3.5.3 Efectos Musculares

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Clorhídrico cause efectos adversos en los músculos tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### 4.2.3.5.4 Efectos Hepáticos

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Clorhídrico cause efectos adversos en el hígado tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### 4.2.3.5.5 Efectos Renales

No se encontraron estudios referidos a los efectos renales de la exposición, ingestión o contacto con Acido Clorhídrico.

#### 4.2.3.5.6 Efectos Endocrinos

No se encontraron estudios referidos a los efectos endocrinos de la exposición, ingestión o contacto con Acido Clorhídrico.

#### 4.2.3.5.7 Efectos Inmunológicos

No se encontraron estudios referidos a los efectos inmunológicos de la exposición, ingestión o contacto con Acido Clorhídrico.

#### 4.2.3.5.8 Efectos Neurológicos

No se encontraron estudios referidos a los efectos neurológicos de la exposición, ingestión o contacto con Acido Clorhídrico.

### 4.2.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

CL<sub>50</sub> (inhalación, ratas): 3.124 ppm/1 hora<sup>(11)</sup>

DL<sub>50</sub> (oral, conejos): 900mg/kg<sup>(11)</sup>

La exposición de conejos y conejillos de indias a 4.290 ppm por 30 minutos causa la muerte, en muchos casos de espasmo laríngeo, edema laríngeo o edema pulmonar. La exposición de tres especies de animales a 300 ppm por seis horas causa irritación de la córnea y las vías respiratorias superiores. En humanos, la exposición al gas o vapores inmediatamente causa irritación del tracto respiratorio superior dando lugar a tos, quemadura de la garganta y sensación de sofoco; los efectos son usualmente ulceración de la nariz, garganta y laringe; si se inhala profundamente puede ocurrir edema pulmonar. En trabajadores, la exposición a 50 a 100 ppm por 1 hora es apenas tolerable; la exposición de corto tiempo a 35 ppm causa irritación de la garganta y se considera 10 ppm la máxima concentración permitida para exposiciones prolongadas. Altas concentraciones del gas causan irritación de los ojos y puede causar daño visual permanente o prolongado, incluyendo pérdida total de la visión<sup>(3, 4, 5, 8)</sup>.

No se han reportado efectos mutagénicos, teratogénicos o carcinogénicos en seres humanos por causa del contacto con Acido Clorhídrico en cualquiera de sus formas<sup>(3, 4, 5, 8)</sup>.

### 4.2.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

#### 4.2.5.1 PRIMEROS AUXILIOS<sup>(4, 6, 8, 9)</sup>

En el evento de emergencia, se deben suministrar procedimientos de primeros auxilios y remitir a la víctima para asistencia médica.

##### 4.2.5.1.1 Exposición en Ojos

Si soluciones de Acido Clorhídrico en cualquier concentración entran en contacto con los ojos, ellos se deben lavar

inmediatamente con grandes cantidades de agua, levantando el párpado superior e inferior ocasionalmente para retirar el material que se haya podido haber acumulado en estas regiones. Los lentes de contacto no se deben usar cuando se este trabajando con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento. La víctima siempre debe recibir atención médica.

#### 4.2.5.1.2 Exposición en la Piel

Si soluciones de Acido Clorhídrico en cualquier concentración entran en contacto con la piel, se debe irrigar el área afectada con abundante agua. Si entran a través de la ropa, ésta se debe remover inmediatamente y se debe lavar la piel afectada con agua. Se debe recibir atención medica lo más pronto posible.

#### 4.2.5.1.3 Inhalación

Si una persona aspira en grandes cantidades Acido Clorhídrico anhidro o en forma de vapores procedentes de una solución acuosa, se debe ubicar la persona expuesta en un área de aire fresco en el menor tiempo posible. Si la respiración se ha detenido, se deben administrar técnicas de respiración artificial. En el caso de respiración dificultosa y si en las instalaciones existe equipo de respiración auxiliar con oxígeno, este procedimiento se debe administrar hasta la llegada de personal de atención de emergencias calificado. La persona afectada se debe mantener caliente y en reposo y debe recibir atención médica inmediata.

#### 4.2.5.1.4 Ingestión

Si una persona ha ingerido soluciones concentradas de Acido Clorhídrico y ella está aun consciente, suministrar grandes cantidades de agua para diluir los contenidos estomacales. Si se dispone de leche, se le debe hacer ingerir dos vasos de ella. No se debe intentar provocar el vomito en la persona, ya que se pueden producir quemaduras adicionales en el tracto digestivo superior. La víctima debe recibir atención médica inmediata.

#### 4.2.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar del lugar de exposición. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

En caso de emergencias con Cloruro de Hidrógeno gaseoso o como Acido Clorhídrico concentrado, se debe usar equipos de respiración de presión positiva y ropa impermeable protectora contra químicos.

Las víctimas que se pueden administrar a si mismas procedimientos de emergencia relacionados con descontaminación se deben remover la ropa contaminada mientras se mantienen en un chorro de agua durante unos 5 minutos para remover el Acido Clorhídrico de las zonas expuestas.

#### 4.2.5.2 INCENDIOS <sup>(6,8)</sup>

Esta sustancia no es combustible. En caso de la existencia de un incendio en los alrededores del área de almacenamiento, todos los agentes extintores están permitidos. Si el contenedor de la sustancia, como gas o en solución concentrada, se encuentra en medio del fuego, se debe mantener el contenedor fresco por medio de la aplicación de chorros de agua.

#### 4.2.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS <sup>(8)</sup>

Si ocurren fugas accidentales de Acido Clorhídrico gaseoso se deben realizar los siguientes procedimientos:

- Ventilar del área de fuga para dispersar el gas.
- Detener el flujo del gas. Si la fuente es un cilindro y la fuga no se puede detener en el lugar, remover el cilindro de la fuga a un lugar seguro en el aire abierto.

Si se derraman soluciones de Acido Clorhídrico, se deben efectuar los procedimientos siguientes:

- Recolectar o confinar del material derramado en la manera mas conveniente y segura, por ejemplo mediante el empleo de cordones de aislamiento absorbentes.
  - Si es posible, recuperar del material derramado.
- Dilución y/o neutralización y disposición en un relleno sanitario de seguridad.

Personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben retirar de las áreas de fugas hasta que la limpieza se haya completado.

#### 4.2.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (ACGIH):** 5 ppm, 7 mg/m<sup>3</sup> como valor máximo (1999) <sup>(6, 7)</sup>

**PEL (OSHA para la Industria en General):** 5 ppm, 7 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(7)</sup>

**PEL (OSHA para la Industria de la Construcción):** 5 ppm, 7 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(7)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 50 ppm, 70 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(4)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

#### 4.2.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(8)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas (mínimo de ocho pulgadas) y otros tipos de ropas protectoras necesarias para prevenir cualquier contacto con la piel de nieblas o soluciones de Cloruro de Hidrógeno que posean un pH menor de 3,0. Se debe proceder de manera similar para el caso de exposiciones repetidas o prolongadas a nieblas o soluciones de Cloruro de Hidrógeno que posean un pH igual o mayor que 3,0.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a soluciones de Acido Clorhídrico que posean pH menor de 3,0, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa no impermeable que se contamine con soluciones de Acido Clorhídrico con un pH menor de 3.0 se deben remover inmediatamente y no se deben usar hasta que el Cloruro de Hidrógeno sea removido por completo.
- La ropa no impermeable que se contamine con soluciones de Acido Clorhídrico con un pH igual o mayor a 3.0 se deben ser remover prontamente y no se deben usar hasta que el Acido Clorhídrico sea removido por completo.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que nieblas o soluciones de Acido Clorhídrico entren en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que nieblas o soluciones de Acido Clorhídrico con un pH menor que 3.0 entren en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

##### 4.2.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Se debe usar equipo de protección respiratoria (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 11. Protección respiratoria mínima para Acido Clorhídrico en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 5 ppm (OSHA)
Concentración de gas de hasta 50 ppm	Cualquier respirador de cartucho químico con cartucho para gases ácidos. Cualquier respirador con suministro de aire proveído externamente.
Concentración de gas de hasta 100 ppm	Cualquier aparato de respiración. Cualquier respirador químico con pieza facial completa y cartucho para gases ácidos. Una máscara de gases de tipo mentón o un cilindro de para gases ácidos frontal o trasero. Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa.
Concentración de gas mayor de 100 ppm o concentraciones desconocidas	Aparato de respiración autocontenido con careta completa operado en modo de demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier máscara de gases que provea protección contra gases ácidos. Cualquier aparato de respiración autocontenido para evacuación.

Tomado de "OSHA; Occupational Health Guideline for Hydrogen Chloride"(8)

#### 4.2.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con Acido Clorhídrico, el personal se debe entrenar en su manejo y almacenamiento. Además deben estar entrenados en el uso del equipo de protección personal.

Debido a la posibilidad de generación de Hidrógeno inflamable y combustible por el contacto del Acido Clorhídrico con algunos metales, se debe prohibir fumar en zonas de almacenamiento, manejo o procesamiento de esta sustancia. En las mismas zonas, se deben revisar las líneas de conducción eléctrica para garantizar ausencia de cortos que puedan ocasionar chispas y posteriores explosiones e incendios si esta presente Hidrógeno proveniente de la reacción del ácido con algunos metales con los que entre en contacto <sup>(9)</sup>.

Cuando se destapen contenedores con este material no se deben usar herramientas que produzcan chispas debido a la posibilidad de existencia de Hidrógeno gaseoso. Los contenedores de este material pueden ser peligrosos debido a que retienen residuos de producto (vapores, líquido) <sup>(9)</sup>.

##### 4.2.8.1 FRASES DE SEGURIDAD <sup>(6,10)</sup>

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S2:** Manténgase fuera del alcance de los niños

**S9:** Consérvese el recipiente en un lugar bien ventilado

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible muéstrela la etiqueta)

**S36/37/39:** Usese indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos / la cara

#### 4.2.8.2 ALMACENAMIENTO

Se debe almacenar separadamente de sustancias combustibles y reductoras, oxidantes fuertes, bases fuertes y metales. Mantener en un lugar bien ventilado, fresco y seco. Los contenedores deben permanecer siempre bien cerrados, ajustados y protegidos de cambios extremos de temperatura y de daños físicos. El Acido Clorhídrico es considerado un agente oxidante fuerte y se deben tener en cuenta disposiciones que eviten su contacto con materiales como Cobre, Bronce, hierro galvanizado, Zinc, Estaño, Agentes Oxidantes, Materiales Combustibles <sup>(1, 2, 6, 10)</sup>.

### 4.2.9 USOS, GENERACION Y CONTROLES <sup>(8)</sup>

**Tabla 12. Usos, generación y control de emisiones de Acido Clorhídrico**

Uso / Generación	Control
Uso en la limpieza de metales incluyendo Acero Inoxidable, Hierro, Níquel y Monel.	Ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección.
Uso como catalizador o agente de cloración en síntesis química; uso durante el tratamiento de metales y operaciones de fabricación en electroplateado, inmersión ácida, electrobrillado, grabado, soldadura y cortado de metales recubiertos con pinturas o limpiados con hidrocarburos clorados.	Ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección.
Usado en el proceso de oxihidrocloración en la producción de hidrocarburos clorados.	Ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección.
Usado en el procesamiento y manufactura de alimentos incluyendo refinación de la caña de azúcar, glucosa y azúcar de maíz.	Ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección.
Usado en operaciones de limpieza química industrial; usado en la producción de plásticos y resinas.	Ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección.
Usado en la manufactura del caucho incluyendo síntesis de cloropreno; usado como agente de cloración y coagulación del látex.	Ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección.
Liberación durante la síntesis de otros químicos orgánicos; usado en procesamiento de extracción y reducción de minerales metálicos.	Ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección.
Usado como delineador de pieles en la manufactura del cuero.	Ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección.
Usado en la activación de posos petroleros; usado en operaciones de tratamiento de desechos para la neutralización de corrientes alcalinas; usado en la producción del Cloro.	Ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección.

#### 4.2.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE <sup>(1,2,5)</sup>

Aunque no existen fuentes naturales de Acido Clorhídrico, existe en la naturaleza en concentraciones que pueden ser medidas. La radiación ultravioleta del sol puede reaccionar con aerosoles de Cloruro de sodio en el aire encontrados sobre los océanos para formar cloro libre en aerosol. Los volcanes son fuente del Acido Clorhídrico atmosférico y se ha reportado ampliamente su contribución a los niveles atmosféricos. Reacciones químicas en la atmósfera también pueden contribuir en los niveles del Acido Clorhídrico en el aire, pero, gracias a que los otros componentes reactivos son producto de transformaciones hechas por el hombre, el Acido Clorhídrico formado no debe ser considerado como de origen de fuentes naturales.

La actividad biológica del Acido Clorhídrico esta asociada con su alta solubilidad en agua. La reacción clásica del Acido Clorhídrico con agua se reporta como:



El Acido Clorhídrico en agua se disocia casi completamente, con el ion de Hidrógeno capturado por las moléculas agua para generar el ion hidronio. El ion hidronio se convierte en donador de un protón, que posee propiedades catalíticas y por tal razón es capaz de reaccionar con moléculas orgánicas. Esto puede explicar la capacidad del Cloruro de Hidrógeno para inducir lesiones celulares y necrosis.

Por sus características físicas y de constitución molecular, este material no se biodegrada al liberarse en el suelo y puede filtrarse en el agua subterránea.

#### 4.2.11 ECOTOXICIDAD <sup>(11)</sup>

##### Toxicidad para Peces

Pez Mosquito CL<sub>50</sub>, 96 horas: 282 ppm

Es mortal en concentraciones superiores a 25 mg/l. El principal efecto en el medio acuático es la alteración del pH, el cual dependerá de la concentración del ácido. Este ácido se caracteriza por disociarse totalmente; por lo tanto puede afectar significativamente las condiciones normales del medio acuático.

#### 4.2.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

Cuando sea posible, se deben realizar procedimientos de reciclaje. Consultar al productor acerca de opciones de reciclaje. Los desechos que contengan este material se deben tratar y neutralizar en una planta de tratamiento de residuos. Como disposición final, esta sustancia se puede enterrar en un relleno de seguridad autorizado. Los contenedores vacíos se deben descontaminar con una lechada de cal. En lo posible, los contenedores vacíos se deben retornar al proveedor o se deben enterrar en un relleno de seguridad autorizado. Cuando no se pueda recuperar o reciclar se debe tratar como un desecho peligroso y se debe enviar a instalaciones aprobadas para disposición <sup>(1,5,9)</sup>.

La dilución del Acido Clorhídrico en agua hasta un 5% en volumen o menor y posterior neutralización con NaHCO<sub>3</sub> hasta pH neutro genera una solución que no es corrosiva y puede ser dispuesta por el drenaje previa verificación de otros parámetros de control ambiental pertinentes <sup>(9)</sup>.

#### 4.2.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Kirck & Othmer; *Enciclopedia of Chemical Technology; Volumen 11, Hexanes to Ion Exchange; Interscience Publishers; Jhon Wiley & Sons, Inc.; New York, U.S.A.; 1966*
2. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 13; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989*

HCl

Acido clorhídrico

3. *Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS substances, Hydrogen Chloride [en línea]. Enero de 1989, revisado enero de 1995 [citado abril 3 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0396.htm>*
4. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Managing Hazardous Material Incidents, Hydrogen Chloride [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado marzo de 2003 [citado abril 3 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg173.pdf>*
5. *Organización Mundial de la Salud (OMS). Environmental Health Criteria 21, Chlorine and Hydrogen Chloride [en línea]. 1982 [citado Abril 4 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc21.htm>*
6. *Organización Mundial de la Salud (OMS). International Chemical Safety Cards, Hydrogen Chloride [en línea]. abril de 2000 [citado abril 4 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc01/icsc0163.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc01/icsc0163.htm)*
7. *Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Chemical Sampling Information, Safety and Health Topics: Hydrogen Chloride [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado Mayo de 2003 [citado abril 4 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_246300.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_246300.html)*
8. *Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Occupational Health Guideline for Hydrogen Chloride [en línea]. Septiembre de 1978, revisado agosto de 1998 [citado abril 4 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0332.pdf>*
9. *Baker JT. MSDS for Hydrochloric Acid; 33-40% [en línea]. Agosto de 1996 [citado abril 22 de 2003]. Disponible en <http://164.107.52.42/MSDS/IM/muriatic%20acid.pdf>*
10. *Organización Internacional del Trabajo (OIT). Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado abril de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>*
11. *Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). Software Dataquim. Hoja de Datos de Seguridad, Acido Clorhídrico. Última actualización 2003. Bogotá, Colombia.*

Acido clorhídrico

## 4.3

### Acido nítrico

- 4.3.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.3.1.1 SINONIMOS
  - 4.3.1.2 DESCRIPCION
  - 4.3.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.3.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.3.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.3.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.3.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.3.2.1 PRODUCCION
    - 4.3.2.1.1 Procesos de Ácido Débil
    - 4.3.2.1.2 Procesos de Ácido Concentrado
  - 4.3.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.3.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.3.3.1 INHALACION
  - 4.3.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.3.3.3 INGESTION
  - 4.3.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.3.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.3.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
- 4.3.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.3.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.3.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.3.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.3.5.1.3 Inhalación
    - 4.3.5.1.4 Ingestión
    - 4.3.5.1.5 Rescate
  - 4.3.5.2 INCENDIOS
  - 4.3.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

- 4.3.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
  
- 4.3.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.3.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
  
- 4.3.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.3.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.3.8.2 ALMACENAMIENTO
  
- 4.3.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.3.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.3.10.1 SUELO
  - 4.3.10.2 AIRE
  - 4.3.10.3 AGUA
  
- 4.3.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.3.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION
  
- 4.3.13 BIBLIOGRAFÍA

### 4.3.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA

**Fórmula:** HNO<sub>3</sub>

**CAS:** 7697-37-2

**Número UN:** 2031

**Clase de Riesgo Principal UN:** 8

#### 4.3.1.1 SINÓNIMOS

Se conoce como Nitrato de Hidrógeno, Hidróxido de Nitrilo, Nital, Agua fuerte, Acido Azóico, WFNA por sus siglas en ingles de Acido Nítrico blanco fumante, RFNA por sus siglas en ingles de Acido Nítrico rojo fumante, Ácido de Grabadores<sup>(2,6)</sup>.

#### 4.3.1.2 DESCRIPCIÓN

El Acido Nítrico es un ácido fuerte, corrosivo y de vapores sofocantes; su forma común en la naturaleza corresponde a sales del tipo (X(NO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>) y no a su forma ácida debido a la alta reactividad que exhibe frente a muchas sustancias. Es un líquido incoloro o amarillento pero puede llegar a tomar coloraciones rojizas si contiene suficiente cantidad de Dióxido de Nitrógeno disuelto. Posee un olor irritante muy fuerte en concentraciones altas. Es completamente soluble en el agua formando un azeótropo a 69,2% de contenido de ácido. El Acido Nítrico se descompone por el calentamiento formando agua, oxígeno y Dióxido de Nitrógeno; este comportamiento hace difícil la determinación de muchas de sus propiedades a temperaturas arriba de los 50 °C. Se descompone también en presencia de alcoholes<sup>(1,3)</sup>.

HNO<sub>3</sub>

Acido nítrico

#### 4.3.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Componente	Contenido	Peligro
Acido Nítrico	50 – 70%	Sí
Agua	30 – 50%	No

##### 4.3.1.3.1 WFNA

Componente	Contenido	Peligro
Acido Nítrico	97.5%	Sí
Agua	2%	No
NO <sub>x</sub>	0.5%	Sí

##### 4.3.1.3.2 RFNA

Componente	Contenido	Peligro
Acido Nítrico	86%	Sí
Agua	5%	No
NO <sub>x</sub>	6-15%	Sí

#### 4.3.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS<sup>(1, 2, 3, 6)</sup>

Tabla 13. Propiedades físicas para el Acido Nítrico

PROPIEDAD	VALOR
<b>Peso Molecular (g/mol)</b>	63,0
<b>Estado físico</b>	Líquido
<b>Punto de Ebullición (°C) )(760 mmHg)</b>	83-87; 100% 121,8; 69,2% en agua 60; fumante rojo
<b>Punto de Fusión (°C)</b>	-41,6; 100% -41; 69,2% en agua -52; fumante rojo

**Tabla 13. Propiedades físicas para el Acido Nítrico (continuación)**

PROPIEDAD	VALOR
Presión de Vapor (mmHg)	62; 100% 42; 69,2% en agua 103; fumante rojo
Densidad del Vapor (Aire = 1)	2-3; a ebullición de ácido nítrico puro
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,50; 100% 1,41; 69,2% en agua 1,55; fumante rojo
pH	1,0; solución acuosa 0,1M
Solubilidad en agua; g/100	Soluble en toda proporción
Límites de Inflamabilidad	No Inflamable
Temperatura de Auto Ignición	No Reportado
Punto de Inflamación	No Reportado

#### 4.3.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Acido Nítrico concentrado es un agente oxidante muy fuerte y ataca metales nobles como el Cobre y la Plata aunque no el oro y ni el Platino; no obstante, estas propiedades oxidantes desaparecen cuando se encuentra en forma diluida. De esta manera, el Acido Nítrico interviene de dos formas diferentes en las reacciones dependiendo de su concentración:



La primera de las semirreacciones corresponde a su forma concentrada y la segunda a la diluida.

Este ácido reacciona con metales de carácter básico liberando Hidrógeno y dando lugar al correspondiente nitrato del metal; si los metales se encuentran en forma de polvo, la reacción se desarrolla con un violento desprendimiento de energía generando por lo regular explosiones. El Acido Nítrico no ataca metales nobles como el oro, pero éste se puede disolver en una mezcla de tres partes de Acido Nítrico concentrado y una de Acido Clorhídrico concentrado conocida como agua regia. Cuando el Acido Nítrico ataca metales como el aluminio y el Cromo, se genera en la superficie de estos metales una capa de óxido que les impide seguir siendo atacados y los protege contra ataques posteriores de químicos de otra naturaleza, este fenómeno se conoce como pasivación <sup>(1,2,6)</sup>.

De forma general, ataca algunas formas de plásticos, cauchos y recubrimientos; reacciona de forma violenta con sustancias fácilmente oxidables como madera, combustibles y solventes como la Trementina o el Etanol <sup>(2,6)</sup>.

##### 4.3.1.5.1 Incompatibilidades

El Acido Nítrico concentrado es una sustancia oxidante muy fuerte y reacciona de forma violenta con materiales combustibles y reductores. Es un ácido fuerte y como tal reacciona violentamente con las sustancias básicas. Reacciona violentamente con sustancias orgánicas como Acetona, Acido Acético, Anhídrido Acético, Alcoholes, Trementina, causando riesgo de fuego y explosión. En presencia de Polvos Metálicos, Carburos y Sulfuro de Hidrógeno da lugar a reacciones explosivas <sup>(2,3,6)</sup>.

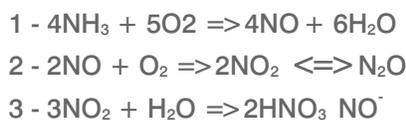
El Acido Nítrico concentrado libera calor y gases tóxicos cuando se mezcla con agua. Cuando se calienta genera Oxidos de Nitrógeno irritantes <sup>(2,3)</sup>.

## 4.3.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

### 4.3.2.1 PRODUCCIÓN

La materia prima para la producción del Acido Nítrico corresponde al amoníaco proveniente del proceso Haber-Bosh. El proceso global implica el desarrollo de tres reacciones: oxidación catalítica de amoníaco en aire, oxidación del

Monóxido de Nitrógeno del proceso anterior hasta Dióxido de Nitrógeno o tetraóxido de di Nitrógeno y finalmente la absorción del Dióxido de Nitrógeno para generar el ácido. Las reacciones correspondientes se describen a continuación:



El esquema general para el proceso de producción de Acido Nítrico recibe el nombre de su inventor, proceso Oswald. Las diferentes tecnologías existentes para la producción Acido Nítrico varían en la forma en la que se llevan a cabo estas reacciones <sup>(1)</sup>.

#### 4.3.2.1.1 Procesos de Ácido Débil

La producción de Acido Nítrico a través de estos procesos incluye la oxidación del amoníaco, previamente tratado para eliminar agua e impurezas, con aire atmosférico, también acondicionado. En este primer paso se genera una corriente que contiene óxidos de Nitrógeno, vapor de agua y material no reactivo o sin reaccionar. Luego de un acondicionamiento de esta corriente que puede consistir en variaciones de temperatura o presión o los dos, la corriente gaseosa se alimenta a una torre de absorción con agua donde se produce en los fondos el Acido Nítrico cuya concentración está en el orden de 50% a 68% y en la cima una corriente gaseosa llamada gas de cola que por lo general contiene hasta unas 200 ppm de óxidos de Nitrógeno. La eficiencia de generación de ácido y de aprovechamiento de la energía de los diferentes tipos de procesos empleados se encuentra relacionada de una manera muy fuerte con la presión a la que se lleve a cabo la combustión del Amoníaco con el aire y de la presión en la que se efectúe el proceso de absorción de los óxidos de Nitrógeno en el agua. Las presiones de operación empleadas en cada tipo de tecnología dividen los procesos de producción de Acido Nítrico débil en procesos de presión baja, procesos de presión media, procesos de alta presión y procesos de presión dual <sup>(1)</sup>.



Acido nítrico

Los procesos de baja presión no se usan actualmente por su baja eficiencia. La oxidación del Amoníaco en estos procesos se llevaba a cabo a presión atmosférica y la absorción de los óxidos de Nitrógeno ocurre en torres a baja presión. Los procesos de presión media operan por lo común a presiones en el orden de 550 kPa. Los de presiones altas operan en presiones alrededor de 1 MPa y finalmente los procesos de presión dual operan en el mismo intervalo de presiones que los de presiones medias en la sección de oxidación catalítica del amoníaco pero a presiones altas en la sección de absorción de Oxidos de Nitrógeno en el agua <sup>(1)</sup>.

#### 4.3.2.1.2 Procesos de Ácido Concentrado

Los procesos que usan torres de absorción con agua para generar Acido Nítrico no pueden lograr concentraciones de ácido mayores que el 68% o 69% debido a la presencia de un azeótropo del agua y el Acido Nítrico en este punto. Para generar ácido de concentraciones mayores se puede seguir una de dos metodologías, la directa o la indirecta.

#### 4.3.2.1.3 Proceso Directo

Emplea amoníaco y aire atmosférico como materias primas. El Amoníaco se oxida con aire primero en una combustión y luego pasa a un lecho catalítico. La corriente gaseosa generada contiene vapor de agua, óxidos de Nitrógeno y material no reactivo. Se induce la eliminación del vapor de agua por medio de un enfriamiento rápido. Los óxidos de Nitrógeno totalmente oxidados pueden seguir dos vías para producir Acido Nítrico concentrado; la primera es absorber los óxidos en Acido Nítrico concentrado que luego reacciona con ácido débil para generar más ácido concentrado; la segunda metodología implica el enriquecimiento de Acido Nítrico Azeotrópico con los Oxidos de Nitrógeno hasta producir un ácido de mayor concentración que la azeotrópica para luego por medio de una destilación obtener Acido Nítrico concentrado y Acido Nítrico Azeotrópico <sup>(1)</sup>.

#### 4.3.2.1.4 Proceso Indirecto

El proceso indirecto opera con una tecnología conocida como destilación extractiva. Existen dos posibles vías en las que se puede obtener Acido Nítrico concentrado por medio de esta tecnología; proceso de ácido sulfúrico y

proceso de Nitrato de Magnesio. La idea fundamental en este tipo de tecnologías es aprovechar la mayor afinidad existente entre el agua y otro material que entre el agua y el Acido Nítrico. Así pues, se usa el ácido sulfúrico con una concentración mínima de 80% o soluciones de nitrato de magnesio de concentración del 72% para deshidratar Acido Nítrico Azeotrópico. La deshidratación se realiza en una torre donde se alimenta en la parte superior una de las dos sustancias deshidratantes y en algún punto lateral el Acido Nítrico diluido en forma de vapor. Las soluciones deshidratantes se reconcentran y se alimentan de nuevo al proceso y la corriente de Acido Nítrico concentrado (concentración mayor del 97% en peso) se pasa por un condensador y un desaireador para su acondicionamiento final <sup>(1)</sup>.

#### 4.3.2.2 APLICACIONES Y USOS

De forma general se usa en la manufactura de nitratos orgánicos e inorgánicos, como intermediario en materiales colorantes, en la elaboración de medicamentos para veterinaria, en joyería, en la industria del fotograbado y en la industria de los explosivos <sup>(2)</sup>.

Su principal aplicación es la industria de los fertilizantes donde se consume en alrededor de un 75% del total producido. El Acido Nítrico en intervalos de concentraciones de 55% a 60% se usa aquí como materia prima en la producción de fertilizantes nitrogenados <sup>(1, 2)</sup>.

#### 4.3.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### Acido Nítrico Concentración Mayor 20% <sup>(4)</sup>

**R8:** Peligro de fuego en contacto con materias combustibles

**R35:** Provoca quemaduras graves

##### Acido Nítrico Concentración entre 5% y 20% <sup>(4)</sup>

**R35:** Provoca quemaduras graves

El Acido Nítrico es una sustancia muy corrosiva e irritante de ojos, piel, tracto respiratorio y tracto digestivo. No es una sustancia combustible pero promueve la combustión en otras sustancias. Cuando se somete al calentamiento o a la llama, el Acido Nítrico emite gases tóxicos e irritantes muy peligrosos <sup>(2, 3)</sup>.

Cuando el Acido Nítrico entra en contacto con tejidos o membranas vivas como la boca, garganta, esófago y estomago, causa ulceraciones y quemaduras que dependiendo de la concentración del ácido pueden llegar a ser muy graves. Los síntomas de una exposición a Acido Nítrico incluyen irritación en los ojos, en las membranas mucosas y en la piel, de forma retardada se puede presentar edema pulmonar, bronquitis y erosión dental. La muerte por efecto de esta sustancia se da por lo regular a causa de shock y colapso circulatorio <sup>(2, 5)</sup>.

Personas con desordenes cardiopulmonares, oculares o cutáneos son mas sensibles a los efectos de exposiciones al Acido Nítrico <sup>(2)</sup>.

##### 4.3.3.1 INHALACIÓN

El Acido Nítrico no es una sustancia de uso domestico, solo se emplea a nivel industrial y en laboratorios y por tanto estos son los lugares donde existe mayor riesgo de exposición en niveles peligrosos para la salud de una manera aguda.

La fuente de exposición al Acido Nítrico en el aire obedece a que éste desprende humos tóxicos aun a temperatura ambiente; estos humos corresponden principalmente a oxido nítrico y Dióxido de Nitrógeno. La contaminación del aire con los humos del ácido se da de manera rápida y puede alcanzar niveles peligrosos si la habitación donde se encuentra la sustancia esta mal ventilada <sup>(3, 6)</sup>.

La exposición aguda a humos de Acido Nítrico provoca de manera inmediata irritación nasal, inflamación del tracto respiratorio, sensación de ahogo, laringitis y dolor en el pecho. Junto con estos efectos se puede presentar sangrado de las encías y de la nariz, ulceración de la mucosa nasal y oral, edema pulmonar, bronquitis crónica y neumonía. Los efectos descritos se pueden presentar de manera retardada en periodos de entre 4 y 30 horas

después de la exposición. Para el caso del edema pulmonar, los efectos reales se experimentan unas horas luego de la exposición y son agravados por actividades físicas fuertes <sup>(2,3,6)</sup>.

#### 4.3.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS

El contacto con la piel ocurre por accidentes y manipulación inadecuada de esta sustancia en entornos laborales. Las personas del común en las ciudades están expuestas a concentraciones bajas de Acido Nítrico por causa de las lluvias ácidas que barren de la atmósfera óxidos de Nitrógeno producto de la combustión de fracciones de petróleo y otros combustibles o desechos que contienen Nitrógeno en su estructura o que contienen sustancias nitrogenadas como componentes o en trazas.

El contacto de la piel con gases concentrados de Acido Nítrico en periodos cortos provoca amarillamiento de la piel y dermatitis. Si la exposición es por tiempo prolongado se pueden dar quemaduras y ulceraciones profundas que son muy dolorosas. Cuando los ojos entran en contacto con nieblas de Acido Nítrico o sus gases se produce irritación, enrojecimiento y dolor agudo, existe erosión de la córnea y, dependiendo el grado del daño se puede perder la visión de forma permanente <sup>(2,3,6)</sup>.

#### 4.3.3.3 INGESTIÓN

Esta es una de las formas menos comunes de contacto con el Acido Nítrico en concentraciones peligrosas. Se puede dar en incidentes accidentales o en casos de intento de suicidio. Debido a que el Acido Nítrico no está presente en el medio ambiente en concentraciones elevadas, este tipo de exposición no posee relevancia en los efectos gastrointestinales de la sustancia.

Los efectos de la ingestión de Acido Nítrico concentrado pueden ser muy severos e incluyen salivación, sed intensa, dificultad para tragar, escalofríos y dolor abdominal. Por causa de sus propiedades corrosivas, son comunes las quemaduras orales, de la garganta y en el estómago. En este tipo de exposición es muy probable que se presente colapso respiratorio. La dosis letal mínima aproximada de esta sustancia a concentraciones comerciales (mayores de 50%) se encuentra en el orden de los 5 ml para una persona de 70 Kg <sup>(2,3,6)</sup>.

#### 4.3.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

La exposición repetida o prolongada a nieblas o a vapores de alta concentración de Acido Nítrico pueden causar erosión de los dientes <sup>(6)</sup>. Se ha asociado la exposición crónica de nieblas o vapores de Acido Nítrico con riesgos de infecciones respiratorias en seres humanos; se puede generar daño a los bronquios <sup>(7)</sup>.

#### 4.3.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

##### 4.3.3.5.1 Efectos Cardiovasculares <sup>(7)</sup>

La absorción de óxidos de Nitrógeno puede conducir el desarrollo de pulso rápido y débil, dilatación del corazón, congestión en el pecho y colapso circulatorio.

##### 4.3.3.5.2 Efectos Musculares

No se encontraron estudios referidos a los efectos musculares de la exposición, ingestión o contacto con Acido Nítrico.

##### 4.3.3.5.3 Efectos Renales

No se encontraron estudios referidos a los efectos renales de la exposición, ingestión o contacto con Acido Nítrico.

##### 4.3.3.5.4 Efectos Inmunológicos

No se encontraron estudios referidos a los efectos inmunológicos de la exposición, ingestión o contacto con Acido Nítrico.

##### 4.3.3.5.5 Efectos Hematológicos <sup>(7)</sup>

Exposiciones a dosis altas de Acido Nítrico pueden llevara la conversión del  $Fe^{+2}$  de la hemoglobina en  $Fe^{+3}$  en virtud de la presencia de Oxido Nítrico (NO), causando fallas en el transporte de Oxígeno en la sangre.

HNO<sub>3</sub>

Acido nítrico

#### 4.3.3.5.6 Efectos Neurológicos

No se encontraron estudios referidos a los efectos neurológicos de la exposición, ingestión o contacto con Acido Nítrico.

#### 4.3.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

LDL<sub>50</sub> (Humanos): 430 mg/kg<sup>(11)</sup>

CL<sub>50</sub> (inhalación, ratas): 65 ppm/4 horas<sup>(11)</sup>

El Acido Nítrico no se ha clasificado dentro del grupo de sustancias que tienen algún riesgo en la evolución de cáncer en seres humanos. El Dióxido y monóxido de Nitrógeno poseen riesgo de causar problemas reproductivos y del desarrollo en especies en gestación. El Dióxido de Nitrógeno además causa daños en el ADN siendo motivo para la generación de mutaciones y aberraciones en las especies expuestas<sup>(7)</sup>.

#### 4.3.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

##### 4.3.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

En casos de exposición severa o cuando se esté inseguro de la magnitud de las lesiones causadas por el contacto con Acido Nítrico, las víctimas se deben remitir a un centro asistencial para recibir atención médica en el menor tiempo posible.

##### 4.3.5.1.1 Exposición en Ojos

La víctima se debe retirar de la zona de peligro de forma inmediata. Si el grado de la exposición requiere la asistencia de otra persona, ésta debe llevar el equipo de seguridad apropiado para evitar la exposición al ácido en el ambiente. Se deben lavar los ojos de la víctima con abundante agua por lo menos durante 15 minutos levantando los párpados superior e inferior ocasionalmente para retirar rastros de la sustancia que puedan estar adheridos a esta superficie. No se deben usar lentes de contacto cuando se este manipulando o trabajando con esta sustancia; si en la exposición, la víctima lleva puestos lentes de contacto, éstos se deben retirar de inmediato sin provocar lesiones adicionales. Si existe irritación severa en los ojos luego de administrar los procedimientos de primeros auxilios, la víctima se debe remitir a asistencia médica<sup>(2,3,6)</sup>.

##### 4.3.5.1.2 Exposición en la Piel

La víctima se debe retirar de la zona de peligro de forma inmediata. Si el grado de la exposición requiere la asistencia de otra persona, ésta debe llevar el equipo de seguridad apropiado para evitar la exposición al ácido en el ambiente. La zona de la piel afectada se debe lavar con agua y con jabón durante algunos minutos. La ropa contaminada se debe retirar de la víctima lo más pronto posible para evitar lesiones posteriores. En caso de que se presente irritación en la piel luego de los primeros auxilios, la víctima se debe remitir a un centro asistencial por atención médica<sup>(2,3,6)</sup>.

##### 4.3.5.1.3 Inhalación

La persona afectada se debe retirar del peligro y se debe ubicar en una zona donde tenga acceso a aire fresco. Las víctimas de este tipo de exposición deben permanecer en reposo ya que el ejercicio físico agrava las posibles lesiones pulmonares generadas por el contacto con el ácido. Si la víctima ha cesado de respirar se debe realizar el procedimiento de respiración artificial hasta que se recupere o hasta que llegue personal calificado de atención. En el caso de respiración dificultosa y si en las instalaciones existe equipo de respiración auxiliar con Oxígeno, este procedimiento se debe administrar hasta la llegada de personal de atención de emergencias calificado. Debido a que los efectos de este tipo de exposición son retardados, se recomienda control médico posterior para evitar complicaciones<sup>(2,3,6)</sup>.

##### 4.3.5.1.4 Ingestión

No se debe inducir el vómito en las víctimas por este tipo de exposición ya que se pueden producir más quemaduras en el tracto digestivo superior. Tampoco se debe intentar neutralizar el Acido Nítrico ingerido ya que se pueden presentar reacciones violentas con generación de calor o de gases tóxicos al interior de estómago. Si la víctima está consiente,

ésta se debe lavar la boca con abundante agua pero debe evitar tragarla. Para ayudar en la dilución de la sustancia en el estómago y siempre y cuando la víctima se encuentre consciente, se debe ingerir entre uno y dos vasos de agua o leche luego de los procedimientos de lavado bucal. Nunca se debe administrar ningún elemento por vía oral a víctimas que se encuentren en estado de inconsciencia. Si la víctima ha dejado de respirar, se debe aplicar el procedimiento de respiración artificial<sup>(2, 3, 6)</sup>.

#### 4.3.5.1.5 Rescate

Las víctimas siempre se deben retirar de la zona de exposición lo más rápido posible por personal que porte equipo de seguridad adecuado que evite su propia exposición. El personal que trabaje en ambientes donde se pueda presentar exposición de algún tipo al Acido Nítrico debe ser entrenado en procedimientos de emergencia adecuados para cada instalación específica. Se debe identificar la ubicación de los elementos de seguridad y de primeros auxilios antes que se presente la necesidad<sup>(6)</sup>.

Para situaciones de emergencia, se deben usar sistemas de respiración autocontenidos de presión positiva o de demanda de presión con pieza facial completa y ropa impermeable totalmente encapsulada. La ropa impermeable de caucho de Neopreno, Butilo / Neopreno, Clorobutilo o Polietileno presenta por lo general buena resistencia al Acido Nítrico<sup>(2)</sup>.

#### 4.3.5.2 INCENDIOS

Esta no es una sustancia inflamable pero puede inducir a otras sustancias a generar fuego o explosiones. Si el Acido Nítrico se ve envuelto directamente en situaciones de fuego, éste no se debe atacar con espuma de extinción. Si los contenedores de almacenamiento de Acido Nítrico se ven involucrados en incendios, se debe evitar su calentamiento por medio de la aplicación de abundante agua rociada sobre ellos. Si los contenedores se pueden retirar del área de fuego y ésta operación no presenta demasiado peligro en la situación específica, se recomienda retirarlos a un lugar seguro lejos del fuego para evitar complicaciones en el momento de la extinción del incendio<sup>(2, 3)</sup>.

Los fuegos pequeños se pueden apagar con agua, polvo químico seco o suspensiones de Oxido de Calcio. Los grandes incendios se deben tratar inundando el área de la emergencia con agua.

Toda persona que atienda un incendio donde está involucrado el Acido Nítrico debe portar equipo de seguridad adecuado que incluya ropa de protección contra químicos y gases corrosivos, sistemas de respiración autocontenidos con pieza facial completa, botas y guantes.

#### 4.3.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

Las siguientes son recomendaciones para tratar fugas o derrames de Acido Nítrico:

- Ventilar el área de fuga o derrame
- En lo posible, coleccionar el líquido de escape en recipientes sellables herméticamente
- Diluir con agua el material que no se haya podido recoger
- Efectuar una neutralización con bases diluidas como Carbonato de Sodio o cal viva
- El Acido Nítrico no se debe intentar absorber sobre agentes combustibles como aserrín.

El área de fuga se debe evacuar de forma inmediata. Se debe aplicar ventilación para diluir y retirar los posibles gases generados por la fuga o el derrame. El personal innecesario y aquel que no porte equipo de seguridad apropiado se debe retirar de la zona de peligro hasta que se completen los procedimientos de limpieza<sup>(3, 6)</sup>.

#### 4.3.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 2 ppm; 5 mg/m<sup>3</sup> (1993 - 1994)<sup>(2, 3, 5)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 2 ppm; 5 mg/m<sup>3</sup> (1987)<sup>(2, 5, 6)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 2 ppm; 5 mg/m<sup>3</sup> (1987)<sup>(2, 5)</sup>

HNO<sub>3</sub>

Acido nítrico

**IDLH (NIOSH):** 100 ppm; 250 mg/m<sup>3</sup> (1978) <sup>(2)</sup>

**STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH):** 4 ppm; 10 mg/m<sup>3</sup> (1993 - 1994) <sup>(2, 3, 5)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permissible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.3.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados para prevenir cualquier posibilidad de contacto con la piel de Acido Nítrico o líquidos que contengan Acido Nítrico que tengan un pH menor o igual a 2,5. Los empleados deben portar este mismo equipo de seguridad cuando estén expuestos de forma prolongada a soluciones de Acido Nítrico con pH mayor de 2,5.
- La ropa contaminada con Acido Nítrico se debe retirar de manera inmediata y se debe ubicar en un contenedor de cierre hermético hasta que se retire el Acido Nítrico de ella.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Acido Nítrico en forma líquida o en soluciones que contengan Acido Nítrico con pH igual o menor de 2, 5, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que Acido Nítrico líquido o en soluciones entre en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que Acido Nítrico líquido o soluciones de Acido Nítrico con pH menor o igual a 2,5 entren en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

##### 4.3.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, se debe instituir un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 14. Protección respiratoria mínima para Acido Nítrico en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 5 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)
Concentración de partículas o vapores de hasta 250 mg/m <sup>3</sup>	Un respirador de cartucho químico con pieza facial completa que provea protección contra ácido nítrico. Una máscara de gases tipo mentón o con un cilindro de vapores de ubicación frontal o posterior que provea protección contra ácido nítrico Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa, yelmo o capucha Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa Un respirador de aire operado en demanda de presión u otro dispositivo en modo de presión positiva o flujo continuo
Concentración mayor a 250 mg/m <sup>3</sup> o concentraciones desconocidas	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva Una combinación de respirador que incluya un respirador de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva o flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva

**Tabla 14. Protección respiratoria mínima para Acido Nítrico en el aire (continuación)**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 5 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)
Lucha contra el fuego	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva
Evacuación	Cualquier máscara de gases que contenga absorbentes no oxidables y provea protección contra ácido nítrico Cualquier aparato de evacuación con respiración autocontenida

Tomado de "OSHA; Occupational Health Guideline for Nitric Acid"(6)

#### 4.3.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Se debe evitar a toda costa el contacto con nieblas, humos de descomposición y soluciones de esta sustancia. El área de trabajo donde se manipule, almacene, transforme o produzca Acido Nítrico debe estar muy bien ventilada y debe incluir equipos de lavado de emergencia como duchas lava ojos o duchas de lavado corporal. Se debe prohibir el consumo de alimentos en instalaciones que tengan relación con el Acido Nítrico<sup>(3)</sup>.

Antes de trabajar con Acido Nítrico, el personal implicado en su manipulación se debe entrenar en su manejo y almacenamiento. Además debe estar entrenado en el uso del equipo de protección personal.

##### 4.3.8.1 FRASES DE SEGURIDAD<sup>(4)</sup>

###### Acido Nítrico Concentración Mayor a 20%

- S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños
- S23:** No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación adecuada a especificar por el fabricante]
- S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico
- S36:** Usese indumentaria protectora adecuada
- S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta).

###### Acido Nítrico Concentración Entre 5% y 20%

- S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños
- S23:** No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación adecuada a especificar por el fabricante]
- S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico
- S27:** Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada

##### 4.3.8.2 ALMACENAMIENTO

El lugar de almacenamiento del Acido Nítrico no debe contener ninguna de las sustancias que constituyen sus incompatibilidades, dentro de las que se encuentran sustancias reductoras, sustancias básicas, químicos orgánicos o combustibles, etc. El Acido Nítrico no se debe transportar o almacenar junto con alimentos o productos alimenticios intermedios para evitar la contaminación de estos últimos<sup>(3)</sup>.

Los empaques unitarios donde se envase el Acido Nítrico deben ser de material irrompible. Aquellos envases que pueden sufrir ruptura como botellas de vidrio se deben introducir en contenedores más grandes de mayor resistencia a la ruptura. Como regla general, de forma industrial el Acido Nítrico se transporta y almacena en contenedores de acero inoxidable. El lugar de almacenamiento permanente debe estar proveído con un buen sistema de ventilación para evitar acumulación de vapores o gases tóxicos; de la misma forma, debe ser un lugar seco, fresco y que no presente cambios bruscos en su temperatura<sup>(1,3)</sup>.



Acido nítrico

### 4.3.9 USOS, GENERACION Y CONTROLES

**Tabla 15. Usos, generación y control de emisiones de Acido Nítrico**

Uso / Generación	Control
Usado en metalurgia; en la refinación de metales y en la recuperación de minerales metálicos.	Ventilación local de la operación; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.
Usado en la acidificación de roca fosfórica y manufactura de soluciones de Nitrógeno para uso en la industria de fertilizantes	Ventilación local de la operación; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.
Usado como reactivo de laboratorio; usado en la industria de la pulpa de madera.	Aislamiento de operación, ventilación local de la operación; ventilación de dilución general; equipo de protección personal
Usado en la síntesis inorgánica en la manufactura de fertilizantes, explosivos, herbicidas, antibióticos, curado de la carne, cerámica y farmacéuticos .	Aislamiento de operación, ventilación local de la operación; ventilación de dilución general; equipo de protección personal
Usado en la síntesis orgánica en la manufactura de agentes nitrantes y oxidantes, nylon, espumas, lubricantes, insecticidas, colorantes, explosivos, películas fotográficas, lacas y derivados de la celulosa.	Aislamiento de operación, ventilación local de la operación; ventilación de dilución general; equipo de protección personal

### 4.3.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

El Acido Nítrico está presente en la atmósfera por acción humana indirecta donde contribuye en los fenómenos de lluvia ácida. Los compuestos nitrogenados de carácter ácido, como los óxidos de Nitrógeno y el Acido Nítrico generan una amplia gama de efectos en el ambiente, incluyendo cambios en la composición de algunas especies de vegetación en ecosistemas acuáticos y terrestres, reducción de visibilidad, acidificación de cuerpos de agua dulce, eutrificación de aguas costeras y de estuarios e incrementos de toxinas peligrosas para peces y otros organismos acuáticos <sup>(7,8,9)</sup>.

#### 4.3.10.1 SUELO

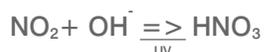
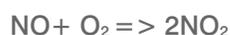
El Acido Nítrico puede alcanzar el suelo por acción de las lluvias que lo limpian de la atmósfera o por derrames directos producto de accidentes o malos manejos en las plantas de producción o transformación.

Gracias a sus características de alta reactividad no es una sustancia que se mantenga en su forma ácida por mucho tiempo. Reacciona con sustancias básicas en el suelo formando Nitratos que son luego transformados y asimilados por bacterias del suelo o por plantas y se incorpora a las cadenas alimenticias en forma de nutrientes. Por sus características oxidantes, reacciona con materiales orgánicos generando de nuevo los Oxidos de Nitrógeno de los cuales proviene <sup>(10)</sup>.

#### 4.3.10.2 AIRE

El Acido Nítrico está presente en la atmósfera gracias a la interacción de Oxidos de Nitrógeno (NO y NO<sub>2</sub> principalmente) con Ozono y humedad atmosféricas en presencia de sustancias catalíticas como aerosoles metálicos y radiaciones ultravioleta del sol. Los Oxidos de Nitrógeno se liberan en la atmósfera como producto de los gases emitidos por vehículos a motor, la quema de Carbón, aceite o gas natural, en operaciones como la soldadura con arco eléctrico, electroplateado, la reacción del Acido Nítrico con celulosa o metales y explosión de dinamita. La presencia de Oxidos de Nitrógeno en la atmósfera varía de lugar a lugar y con la época del año <sup>(7,8,10)</sup>.

La generación de Acido Nítrico a partir de sus óxidos se esquematiza en el siguiente esquema de reacciones:



Estas reacciones son un paso de terminación dentro de una cadena de reacciones por radicales libres y es muy rápida en condiciones de atmósfera despejada de nubosidad, pudiendo producir una alta cantidad de Acido Nítrico en el lapso de pocas horas. Como resultado final de estos procesos se genera smog<sup>1</sup> y se retiran del aire radicales reactivos de Nitrógeno y de Hidroxilo<sup>(8)</sup>.

Durante la noche en lugares de atmósferas muy contaminadas y con alta presencia de ozono, el Oxido de Nitrógeno (V) ( $\text{N}_2\text{O}_5$ ) se transforma en Acido Nítrico por acción de una reacción heterogénea con agua. Esta reacción es despreciable durante el día debido a que el Trióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_3$ ), intermediario en la generación de  $\text{N}_2\text{O}_5$  se destruye con facilidad en presencia de radiaciones ultravioleta<sup>(8)</sup>.

El Acido Nítrico es la principal ruta de conversión los óxidos de Nitrógeno en la atmósfera y constituye una contribución importante en las deposiciones ácidas ambientales, que pueden ser de la forma seca o de la forma húmeda. El Acido Nítrico atmosférico puede seguir un camino húmedo y se puede retirar de la atmósfera por acción de las lluvias que lo conducen al suelo o a lechos acuosos. La vía seca implica la reacción en el aire con especies básicas como el amoníaco para formar aerosoles de nitrato de amonio. Por causa de estos fenómenos, la permanencia del Acido Nítrico en la atmósfera baja es de solo entre uno y diez días<sup>(7, 8, 9)</sup>.

$\text{HNO}_3$

Acido nítrico

#### 4.3.10.3 AGUA

Al igual que en la tierra, al Acido Nítrico entra en los lechos de agua por medio de la lluvia ácida y por derrames directos; también se genera en forma de Nitratos por acción de bacterias nitrificantes que transforman  $\text{NO}_2^-$  en  $\text{NO}_3^-$ . En el agua, el Acido Nítrico se disocia completamente en sus iones constitutivos,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{H}^+$ , promoviendo la disminución del pH y generando un peligro muy alto para especies acuáticas aún en bajas concentraciones.

#### 4.3.11 ECOTOXICIDAD

El Acido Nítrico es considerado como una sustancia tóxica para la vida acuática.

##### Toxicidad en Peces

Pez Mosquito TLm, 96 horas: 72 ppm

#### 4.3.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

El principal problema que conlleva el uso o la producción de Acido Nítrico lo constituyen los gases liberados cuando se hace reaccionar con otras sustancias en ciertas condiciones, cuando sufre procesos de calentamiento excesivo o cuando se emiten en el proceso de producción. Estos gases están constituidos principalmente por monóxido (NO) y Dióxido ( $\text{NO}_2$ ) de Nitrógeno, que son sustancias muy tóxicas por vías respiratoria y cutánea. En países de Europa se estipula que el máximo permitido de emisiones de  $\text{NO}_x$  debe ser 200 ppm (1996) y que los gases y vapores generados solo se pueden descargar a la atmósfera cuando estén libres de coloraciones rojas o amarillas<sup>(1)</sup>.

Todas las plantas de producción de Acido Nítrico modernas incluyen operaciones de recuperación de emisiones de óxidos de Nitrógeno. La recuperación se realiza con métodos denominados de absorción mejorada, de depuración química, de reducción catalítica y de adsorción. Una descripción en algún detalle de cada uno de estos métodos se da en Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry<sup>(1)</sup>.

<sup>1</sup> La palabra smog proviene de la combinación de los vocablos ingleses "smoke" y "fog" que significan humo y niebla respectivamente.

El tratamiento de gases de emisión continua producto de la descomposición o generación del Acido Nítrico se desarrolla en torres de absorción con agua donde las principales variables que se tienen en cuenta para el diseño corresponden a la presión y temperatura de operación y las presiones parciales de los óxidos de Nitrógeno y Oxígeno en la corriente gaseosa <sup>(1)</sup>.

#### 4.3.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; *Ullmans Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 17; Quinta edición completamente revisada*; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Environmental Protection Agency (EPA). *Nitric Acid Chemical Profile and Emergency First Aid Treatment Guide* [en línea]. Octubre de 1985, revisado Noviembre de 1987 [citado junio 26 de 2003]. Disponible [http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical\\_Results?OpenView&Start=204](http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical_Results?OpenView&Start=204)
3. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Internacional Chemical Safety Cards, Nitric Acid* [en línea]. Abril de 1994 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc01/icsc0183.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc01/icsc0183.htm)
4. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
5. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Chemical Sampling Information, Safety and Health Topics: Nitric Acid* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado enero de 1993 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_256600.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_256600.html)
6. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Occupational Safety and Health Guideline for Nitric Acid* [en línea]. Septiembre de 1978 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0447.pdf>
7. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Managing Hazardous Material Incidents, Nitrogen Oxides (NO, NO<sup>2</sup> and others)* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado abril de 2003 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg175.pdf>
8. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Environmental Health Criteria 188, Nitrogen Oxides (second edition)* [en línea]. 1997 [citado junio de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc188.htm>
9. Environmental Protection Agency (EPA). *Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>)* [en línea]. 1997, revisado abril 2002 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/oar/oaqtrnd97/brochure/no2.html>
10. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *ToxFAQ's for Nitrogen Oxides (Nitric Oxide, Nitrogen Dioxide, etc.)* [en línea]. Abril de 2002 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts175.html>
11. Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). *Software Dataquim. Hoja de Datos de Seguridad, Acido Nítrico. Última actualización 2003*. Bogotá, Colombia.

## 4.4

### Acido sulfúrico

- 4.4.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.4.1.1 SINONIMOS
  - 4.4.1.2 DESCRIPCION
  - 4.4.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.4.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.4.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.4.1.5.1 Incompatibilidades
  
- 4.4.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.4.2.1 PRODUCCION
    - 4.4.2.1.1 Proceso de Cámara
    - 4.4.2.1.2 Proceso de Contacto
  - 4.4.2.2 APLICACIONES Y USOS
  
- 4.4.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.4.3.1 INHALACION
  - 4.4.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.4.3.3 INGESTION
  - 4.4.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.4.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
  
- 4.4.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
  - 4.4.4.1 CANCER
  - 4.4.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS Y DEL DESARROLLO
  - 4.4.4.3 EFECTOS GENOTOXICOS
  
- 4.4.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.4.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.4.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.4.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.4.5.1.3 Inhalación
    - 4.4.5.1.4 Ingestión
    - 4.4.5.1.5 Rescate
  - 4.4.5.2 INCENDIOS
  - 4.4.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

- 4.4.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
- 4.4.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.4.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
- 4.4.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.4.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.4.8.2 ALMACENAMIENTO
- 4.4.9 USOS Y CONTROLES
- 4.4.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.4.10.1 SUELO
  - 4.4.10.2 AIRE
  - 4.4.10.3 AGUA
- 4.4.11 ECOTOXICIDAD
- 4.4.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICIÓN
  - 4.4.12.1 REDUCCIÓN DE GENERACIÓN DE DESECHOS
  - 4.4.12.2 ALTERNATIVAS PARA TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS
- 4.4.13 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.4.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA

**Fórmula:** H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**CAS:** 7664-93-9

**Número UN:**

1830 (Concentración menores de 65,25%)

1832 (Acido Sulfúrico Consumido)

1786 (Mezcla de Acido Sulfúrico y Acido Fluorhídrico)

**Clase de Peligro UN:** 8 – Corrosivos (Solución)

##### 4.4.1.1 SINÓNIMOS

Acido de batería, BOV, Acido de Nordhausen, Aceite de Vitriolo, espíritu del Azufre, Acido Sulfúrico, Aceite café de Vitriolo, Sulfato de Hidrógeno, Acido fertilizante, Acido de cámara, Acido de inmersión, Acido Sulfúrico consumido. Sulfuric (sulphuric) Acid (Inglés), Acide Sulfurique (Francés), Schwefelsäure (Alemán), Acido Solforico (Italiano) <sup>(2)</sup>.

##### 4.4.1.2 DESCRIPCIÓN

En su forma pura, el Acido Sulfúrico es un líquido aceitoso, sin color y sin olor. Es muy corrosivo. En su forma comercial está usualmente impuro y su coloración es pardusca.

El Acido Sulfúrico puede formar soluciones con el agua en cualquier proporción. Las soluciones acuosas de Acido Sulfúrico se nombran de acuerdo con el porcentaje en peso de Acido en la solución; el Acido Sulfúrico concentrado es entonces H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 100%, que se conoce como anhídrido o como monohidrato de trióxido de Azufre <sup>(1)</sup>.

El Acido Sulfúrico puede disolver cualquier cantidad de trióxido de Azufre (SO<sub>3</sub>). Al introducir trióxido de Azufre sobre Acido Sulfúrico concentrado se genera óleum, que por lo general se comercializa en soluciones de 10 a 70% de contenido de trióxido de Azufre y que se conocen también como Acido Sulfúrico fumante <sup>(1,2,11)</sup>.

##### 4.4.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Se comercializa en solución acuosa de concentración entre 33 a 98%. Existen cuatro grados de comercialización: comercial, electrolito (de alta pureza para baterías), textil (bajo contenido de impurezas orgánicas) o grados de reactivo <sup>(2)</sup>.

##### 4.4.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(1, 2, 7, 10, 11)</sup>

Tabla 16. Propiedades físicas para el Acido Sulfúrico

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	98,08
Estado físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	290; 100% 310-335; 98%
Punto de Fusión (°C)	10,4-10,5; 100% 3; 98% -64; 65%
Presión de Vapor (mmHg)	< 0,001; 20 °C 1; 146 °C
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,841; 100%



Acido sulfúrico

**Tabla 16. Propiedades físicas para el Acido Sulfúrico (continuación)**

PROPIEDAD	VALOR
Densidad del Vapor (Aire = 1)	3,4
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	No Encontrado
Solubilidad en Agua (g/ml)	Libremente
Límites de Inflamabilidad (% vol)	No Aplica
Temperatura de Auto ignición (°C)	No aplica
Punto de Inflamación (°C)	No Aplica
pH	0.3; Solución 1 N 1,2; Solución 0,1 N 2,1; Solución 0,01 N

#### 4.4.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Acido Sulfúrico es un Acido mineral fuerte y un oxidante fuerte. Se disocia en agua de acuerdo con dos equilibrios:



El primero de ellos a proporciones de agua bajas y el segundo a proporciones altas; por esta razón el Acido Sulfúrico diluido actúa como un Acido dibásico. Estas características ácidas hacen que reaccione con metales básicos como el aluminio provocando la generación de Hidrógeno y los correspondientes Sulfatos y biSulfatos metálicos.

El Acido Sulfúrico concentrado y caliente es una sustancia altamente oxidante y ataca metales preciosos. En este mismo estado reacciona con carbono, fósforo y Azufre produciendo dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)<sup>(2)</sup>.

El Acido Sulfúrico descompone las sales de muchos otros Acidos, lo cual representa una oportunidad industrial en diversos campos como en la producción de Sulfato de sodio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y cloruro de Hidrógeno (HCl) a partir del cloruro de sodio (NaCl), la descomposición de sulfitos a dióxido de Azufre y la descomposición de fosfatos de calcio naturales (Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>) hasta Acido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) y Sulfato de calcio (CaSO<sub>4</sub>)<sup>(1)</sup>.

Sus características de higroscopicidad se deben a la formación de diferentes hidratos, los cuales corresponden al monohidrato (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>\*H<sub>2</sub>O), el dihidrato (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>\*2H<sub>2</sub>O), el trihidrato (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>\*3H<sub>2</sub>O), el tetrahidrato (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>\*4H<sub>2</sub>O) y por último el hexahidrato (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>\*6H<sub>2</sub>O)<sup>(1)</sup>.

Las reacciones del Acido Sulfúrico concentrado en el área de los compuestos orgánicos están muy influenciadas por las propiedades oxidantes e higroscópicas de éste; debido a estas características, reacciones de carbonización de carbohidratos y de condensación orgánica presentan mejor desempeño en su presencia<sup>(1)</sup>.

El Acido Sulfúrico no es un material combustible en si mismo, pero por ser altamente reactivo es capaz de iniciar la ignición de sustancias combustibles cuando entra en contacto con ellas.

##### 4.4.1.5.1 Incompatibilidades

Por sus características de oxidante fuerte, reacciona violentamente con materiales reductores. Cuando entra en contacto con combustibles finamente particulados provoca su ignición. Reacciona violentamente con bases. Es corrosivo para muchos metales comunes generando humos de dióxido de Azufre e Hidrógeno gaseoso, el cual es altamente explosivo. Debido a que es un material muy higroscópico, puede producir deshidratación de otras sustancias. Cuando entra en contacto con agua libera grandes cantidades de calor. Al calentarlo se generan Oxidos de

Azufre producto de su descomposición<sup>(6,7,10)</sup>. El contacto de Acido Sulfúrico con materiales orgánicos como cloratos, carburos, fulminatos o picratos puede causar fuego y explosiones<sup>(1,7)</sup>.

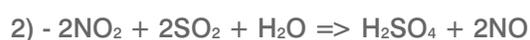
## 4.4.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

### 4.4.2.1 PRODUCCIÓN<sup>(1,11)</sup>

Existen dos grandes procesos por los cuales se ha producido o se produce Acido Sulfúrico industrialmente: el proceso de cámara y el proceso de contacto. El primero de estos dos fue el más importante en los primeros años del siglo XX pero ahora ha caído en desuso.

#### 4.4.2.1.1 Proceso de Cámara

En el proceso de cámara, el óxido de Azufre se oxida hasta trióxido de Azufre (SO<sub>3</sub>), que posteriormente se combina con agua para generar el Acido Sulfúrico. Las reacciones involucradas en este proceso corresponden a:



En estas reacciones el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) actúa como el agente oxidante. Los productos finales de este proceso, como se observa, son el Acido Sulfúrico y Oxidos de nitrógeno. Por este procedimiento se obtiene Acido Sulfúrico de concentración 78%, que es una de sus desventajas con respecto al proceso de contacto donde se logran concentraciones del producto de 98%.

#### 4.4.2.1.2 Proceso de Contacto

El proceso de contacto es un proceso catalítico de mayor rendimiento y menor tiempo de proceso para las materias primas. En la producción de Acido Sulfúrico por esta metodología se diferencian varias operaciones importantes:

- Oxidación de Azufre hasta dióxido de Azufre
- Secado de los gases
- Oxidación catalítica de dióxido de Azufre hasta trióxido de Azufre
- Absorción de trióxido de Azufre
- Enfriamiento del Acido

#### 4.4.2.1.3 Oxidación de Azufre Hasta Dióxido de Azufre

El objetivo en este caso es la generación de una corriente de gases con alta concentración de dióxido de Azufre. La materia prima fundamental en el proceso lo constituye el Azufre contenido en diversos minerales y que se usa en gran medida en procesos donde se consume formando Oxidos de Azufre que luego se alimentan a la planta de producción de Acido Sulfúrico. Como ejemplo, una de las industrias donde se aprovechan por tradición los gases de óxido de Azufre es la de la metalurgia. En procesos donde el producto de interés es el Acido Sulfúrico se parte por lo general de pirita, pero este procedimiento está siendo desplazado cada vez en mayor medida por aquellos que obtienen dióxido de Azufre como subproducto.

#### 4.4.2.1.4 Secado de los Gases

Aquí el objetivo fundamental es secar los gases ricos en dióxido de Azufre que van a entrar a la oxidación catalítica para evitar la corrosión de los equipos más fríos en el proceso, causada por la formación de nieblas de Acido Sulfúrico, las que por lo general son muy difíciles de retirar. El secado de los gases ayuda a la protección del catalizador contra la formación de Acido Sulfúrico en su superficie cuando la planta entra en periodos de receso para reparación o mantenimiento.



Acido sulfúrico

#### 4.4.2.1.5 Oxidación Catalítica de Dióxido de Azufre Hasta Trióxido de Azufre

La reacción se lleva a cabo sobre catalizadores de pentóxido de vanadio ( $V_2O_5$ ), Platino, Oxidos de Hierro, Cromo, Cobre, Manganeso, Titanio y otros metales en torres empacadas conocidas como convertidores. El catalizador se empaca en diferentes capas de lecho, donde se lleva a cabo la reacción de forma adiabática, y entre cada capa de lecho se ubica un intercambiador de calor para retirar excesos de calor perjudiciales para los equipos y para la reacción en sí, ya que es una reacción exotérmica y por tanto favorecida en la termodinámica por las temperaturas bajas.

#### 4.4.2.1.6 Absorción de Trióxido de Azufre

El gas de salida del convertidor es básicamente trióxido de Azufre. Este se absorbe sobre Acido Sulfúrico de concentración mínima de 98%; a la sustancia anterior se le adiciona agua para producir el Acido Sulfúrico final. La concentración del Acido de absorción asegura que no exista formación de nieblas de Acido Sulfúrico y que los gases de cola no posean trióxido de Azufre en concentraciones importantes.

En la mayoría de las plantas de producción, el dióxido de Azufre se pasa primero por todos los lechos catalíticos y luego se introduce a una absorción doble del trióxido de Azufre en torres de absorción consecutivas.

#### 4.4.2.1.7 Enfriamiento del Acido

Esta operación juega un papel importante en la determinación de la eficiencia y operación segura de toda la planta de producción de Acido Sulfúrico. Los principales equipos de enfriamiento lo constituyen los intercambiadores de coraza y tubos y los intercambiadores de placas, ambos refrigerados con agua de proceso, o, en casos excepcionales con aire.

### 4.4.2.2 APLICACIONES Y USOS

La mayoría de los usos del Acido Sulfúrico no lo implican de forma directa como una materia prima sino como de uso indirecto en forma de catalizador. Por este motivo, muy poco Acido Sulfúrico aparece en los productos de las industrias donde interviene pero aparece como Acido consumido o como varios tipos de Sulfatos de desecho <sup>(1)</sup>.

De forma general se usa en las industrias de pigmentos, Acidos, pegante, purificación del petróleo, baños de electroplateado, herbicidas, fertilizantes, en la refinación de Aceites minerales y vegetales, en la industria del cuero, como agente en la producción de explosivos, y otros. Tiene una amplia aplicación en la deshidratación de éteres, ésteres y gases <sup>(2)</sup>.

Dentro de sus usos indirectos se encuentra en la industria de fertilizantes, generando Acido fosfórico a partir de roca fosfórica, que luego dará lugar a materiales fertilizantes como superfosfatos triples y Sulfatos de mono y diamonio. Cerca del 60% del Acido Sulfúrico producido se usa en esta industria <sup>(1, 11)</sup>. Una cantidad apreciable de Sulfúrico se usa en la industria petroquímica como deshidratante Acido en reacciones de nitración, condensación, deshidratación, y en la refinación donde se usa para refinar, alquilar, y purificar destilados de petróleo crudo. En la industria inorgánica se usa en la producción de pigmentos de  $TiO_2$  y Acidos minerales. En el procesamiento de metales, se usa en el decapado, en el tratamiento de minerales de cobre, uranio y vanadio y en la preparación de baños electrolíticos para purificación de metales no ferrosos <sup>(1)</sup>.

Uno de sus usos directos incluye su dispersión en forma de solución diluida en suelos muy alcalinos que van a ser usados con fines agrícolas; pero el uso directo más importante lo constituye la industria de la sulfonación orgánica, en donde se usa para la fabricación de detergentes. Otro de sus usos directos importantes es el de la industria de las baterías <sup>(1)</sup>.

### 4.4.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

#### Frases de Riesgo <sup>(8)</sup>

#### Soluciones de Acido Sulfúrico a Concentraciones mayores de 15%

**R35:** Causa quemaduras severas

## Soluciones de Acido Sulfúrico a Concentración entre 5% y 15%

**R36/38:** Irritante para los ojos y la piel

Los efectos encontrados en la toxicidad del Acido Sulfúrico obedecen por completo a las interacciones del ion  $H^+$  con los componentes celulares más que a la interacción del ion  $(SO_4)^{2-}$ <sup>(1)</sup>. Es una sustancia corrosiva y provoca efectos directos locales en todos los tejidos corporales aún en bajas concentraciones. El contacto de cualquier tejido con Acido Sulfúrico concentrado provoca quemaduras profundas y de difícil sanado. Su alta reactividad frente a muchos compuestos lo hace peligroso por la generación de calor, por el potencial de explosión o por la generación de vapores tóxicos o inflamables. Debido a que la hidratación del trióxido de Azufre produce Acido Sulfúrico, las consecuencias sobre la salud de las personas es equivalente en estas dos sustancias<sup>(1, 2, 11)</sup>.

La inhalación de vapores de Acido Sulfúrico concentrado provoca tos aguda y daños severos en los pulmones y en todo el tracto respiratorio. El contacto con los ojos puede provocar pérdida total de la visión. En la piel genera quemaduras y necrosis severa. La ingestión de Acido Sulfúrico concentrado en cantidad aproximada a una cucharada es mortal para adultos; esta ingesta puede provocar perforación del ducto gástrico, peritonitis y un colapso circulatorio posterior. El shock es la causa inmediata más común de muertes. La exposición crónica a esta sustancia puede generar traqueo bronquitis, gastritis e irritación cutánea<sup>(1, 2, 11)</sup>.

Un peligro importante en la manipulación del Acido Sulfúrico lo constituye su dilución en agua. Cuando el Acido Sulfúrico se mezcla con agua, se produce una gran cantidad de calor, que dependiendo de la cantidad relativa de las dos sustancias puede provocar un incremento considerable en la temperatura de la solución e incluso puede generar ebullición violenta. Este comportamiento es más marcado y peligroso en procedimientos de mezcla donde se adiciona agua sobre el Acido concentrado y por eso no se recomiendan<sup>(1, 2, 7, 11)</sup>.

Los riesgos de explosión se dan por el contacto de esta sustancia con químicos como la acetona ( $CH_3-CO-CH_3$ ), los alcoholes, combustibles, las bases fuertes concentradas y algunos metales finamente divididos. La emisión de gases tóxicos, que en general corresponden a Oxidos de Azufre  $SO_x$ , se da por el calentamiento del Acido, descomponiéndose por completo a temperaturas del orden de  $340\text{ }^\circ\text{C}$ <sup>(1, 7)</sup>.

En cuanto a los gases inflamables, estos se restringen casi con exclusividad al Hidrógeno, desprendido en reacciones del Acido con metales básicos<sup>(7, 11)</sup>.

Los peligros mas graves de exposición al Acido Sulfúrico se dan en derrames accidentales durante su transporte y manipulación. Niveles mucho más bajos están presentes en la atmósfera por oxidación de óxido de Azufre generado en plantas donde se libera como emisión. El grado de afectación a los diferentes individuos se ve agravado por enfermedades respiratorias crónicas como asma, a nivel respiratorio; enfermedades gastrointestinales crónicas, como gastritis, a nivel gástrico y enfermedades oculares o cutáneas, como conjuntivitis crónica o dermatitis<sup>(2)</sup>.

### 4.4.3.1 INHALACIÓN

La exposición aguda por inhalación no es común fuera de las plantas de transformación o producción del Acido Sulfúrico. En entornos laborales, la respiración de pequeñas gotas de Acido Sulfúrico es la vía más común de exposición. Gracias a reacciones de combustión de carbón, de Aceite y de gas, que liberan dióxido de Azufre a la atmósfera, existe la posibilidad de exposición en exteriores debido a la oxidación lenta del dióxido de Azufre hasta trióxido de Azufre y posterior reacción con la humedad atmosférica. Las personas que habitan cerca de lugares de disposición de desperdicios que contengan Acido Sulfúrico se encuentran en mayor riesgo de exposición por



Acido sulfúrico

inhalación. Para estas personas, pasar el tiempo en el aire abierto y especialmente ejercitarse en este tipo de ambiente puede incrementar el riesgo de exposición<sup>(2,6,7,11)</sup>.

Existen varios factores que definen el impacto del daño por la inhalación de Acido Sulfúrico. Estos incluyen la concentración de exposición, que define el grado de la lesión, el tamaño de las partículas, que define la ubicación de la lesión en el tracto respiratorio, el tiempo de exposición y finalmente la regularidad respiratoria, que influye en el contacto real con la sustancia<sup>(11)</sup>.

La posibilidad de evaporación del Acido Sulfúrico a temperatura ambiente no es un riesgo a causa de su baja presión de vapor, por tanto, no es un gas cuando se encuentra en la atmósfera sino que se presenta en forma de un aerosol de diferentes tamaños de partícula, generado por absorción de  $\text{SO}_3$  sobre humedad o por dispersión del Acido en forma líquida en el aire. Los tamaños de gotas pueden clasificarse como ultra finos de menos de 0,1 micrones, pequeños de entre 0,1 y 1 micrones, medianos de en el intervalo de 1 a 5 micrones y grandes del orden de 5 a 30 micrones. En el medio ambiente se encuentran típicamente tamaños de 0,3 a 0,6 micrones, mientras que los aerosoles industriales pueden ser tan grandes como 14 micrones<sup>(7,10,11)</sup>. En ambientes con aerosoles de Acido Sulfúrico, el tamaño de las gotas y la profundidad de la respiración definen el grado de penetración y deposición de ésta sustancia en el tracto respiratorio. Las gotas más pequeñas se depositan preferencialmente en los pulmones mientras que las más grandes solo alcanzan la boca y el tracto respiratorio superior. De igual forma, si se respira con la boca y no con la nariz se genera mayor consumo de partículas del Acido<sup>(11)</sup>.

Estudios en animales<sup>(11)</sup> para exposición aguda de 8 horas por inhalación en partículas de Acido Sulfúrico de 1 micrómetro, muestran que a concentraciones entre 370 y 420  $\text{mg}/\text{m}^3$  se genera la muerte de la mitad de los animales de estudio, ratas en este caso. Las muertes son causadas por hemorragias pulmonares severas y corrosión del tracto respiratorio. En humanos, exposiciones a concentraciones de orden de 20  $\text{mg}/\text{m}^3$  en condiciones de atmósferas con alta humedad provocan tos, dolor en el pecho, dificultad en para la respiración, sabor Acido en la boca e irritación nasal<sup>(6,11)</sup>. Exposiciones de alrededor de 30 minutos a una hora en concentraciones de 1  $\text{mg}/\text{m}^3$  genera disminución de la capacidad respiratoria pero no posee efectos letales.

Los principales efectos a concentraciones moderadas de Acido Sulfúrico corresponden a tos aguda, dificultad respiratoria, irritación en boca, nariz, garganta y pulmones<sup>(2,6,11)</sup>.

El Acido Sulfúrico como tal no se absorbe ni distribuye por el cuerpo. Debido a que en la respiración se produce exhalación de amoniaco en concentraciones que pueden ir de 120 hasta 1280 ppb, parte o el total del Acido Sulfúrico se neutraliza minimizando en algún grado la exposición personal. El Acido Sulfúrico restante se disocia rápidamente y pasa al torrente sanguíneo en forma del ion Sulfato, el cual no posee efectos tóxicos en concentraciones razonables. Finalmente, los productos de la inhalación del Acido se eliminan por la orina o el sudor<sup>(2,11)</sup>.

#### **4.4.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS**

La exposición aguda al Acido Sulfúrico por vía ocular o cutánea puede ocurrir comúnmente en personas que deben manipular baterías en trabajos relacionados con automóviles. En el hogar se genera Acido Sulfúrico en bajas cantidades cuando algunas sustancias liberadas por el corte de cebollas ingresan en los ojos reaccionando con el agua en ellos presente. En laboratorios e industrias donde se maneja esta sustancia pueden ocurrir casos de exposición significativa por esta vía gracias a malos manejos y derrames en circunstancias de transporte y almacenamiento.

Cuando se entra en contacto con Acido Sulfúrico concentrado y éste no se retira en el término de unos pocos minutos, se generan lesiones que dependiendo del tiempo de exposición pueden llegar a alcanzar el nivel de necrosis y quemadura de tercer grado por acción del calor desarrollado. Concentraciones de 10% de Acido

Sulfúrico aplicadas sobre la piel en periodos de 4 horas no poseen efectos irritantes aparentes <sup>(11)</sup>. Los aerosoles de Acido Sulfúrico en las mismas concentraciones que afectan las vías respiratorias presentan efectos irritantes en la piel y los ojos. Para personas que se exponen a aerosoles de Acido Sulfúrico y que poseen equipo respiratorio adecuado, el tipo principal de lesión que presentan corresponde a quemaduras e irritación en la piel.

El contacto ocular con Acido Sulfúrico concentrado posee efectos muy nocivos para los ojos. Dentro de los efectos reportados <sup>(6, 11)</sup> se incluye la disolución de la zona ocular frontal, glaucoma y caratas. La pérdida de la visión es un efecto seguro en este grado de exposición si el tiempo de contacto es significativo. Exposición de animales a soluciones de Acido Sulfúrico de 1 a 2% de concentración no poseen efectos irritantes apreciables, sin embargo no se ha definido la concentración para la cual se presentan efectos directos en los ojos. Al igual que los efectos a nivel respiratorio, los efectos nocivos en los ojos dependen de la humedad ambiente en la que se dé la exposición <sup>(6, 11)</sup>. Concentraciones de Acido Sulfúrico de 20, 8 mg/m<sup>3</sup> en humedad de 91% son insoportables de inmediato mientras que en niveles de 39,4 mg/m<sup>3</sup> en humedad de 63% solo se presentan efectos irritantes menores.

#### 4.4.3.3 INGESTIÓN

Esta es una de las formas menos comunes de contacto con el Acido Sulfúrico. Se puede dar en incidentes accidentales o en casos de intento de suicidio. Debido a que el Acido Sulfúrico no está presente en el medio ambiente en concentraciones elevadas, este tipo de exposición no posee relevancia en los efectos gastrointestinales de la sustancia <sup>(11)</sup>.

La naturaleza altamente corrosiva de la sustancia puede provocar serias quemaduras en la boca y el esófago en primera instancia <sup>(10)</sup>. Se presenta dolor a nivel abdominal, sensación de ardor y quemadura y en algunos casos shock <sup>(7)</sup>. El Acido Sulfúrico concentrado puede generar úlceras estomacales que pueden conllevar a la muerte <sup>(11)</sup>.

Efectos estudiados en ingestas accidentales de Acido Sulfúrico de diferentes concentraciones muestran que los efectos comunes en orden ascendente de concentración corresponden a irritación superficial de la mucosa, en concentraciones bajas, ulceraciones superficiales moderadas de los tejidos gástricos, en concentraciones intermedias y ulceraciones severas, extensas y profundas en concentraciones altas <sup>(11)</sup>.

#### 4.4.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

Las principales consecuencias de exposición crónica están encaminadas a la afectación del sistema respiratorio; exposiciones crónicas a 1,4 mg/m<sup>3</sup> de Acido pueden generar la evolución de bronquitis crónica; la exposición a aerosoles de Acido Sulfúrico en seres humanos trae consigo de forma general una disminución de la capacidad respiratoria y un incremento en la incidencia de bronquitis. Al igual que las exposiciones a otros Acidos, ésta sustancia provoca el desarrollo de erosión dental al cabo de periodos crónicos repetitivos o continuos de permanencia en ambientes contaminados <sup>(6, 11)</sup>.

#### 4.4.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

##### 4.4.3.5.1 Efectos Cardiovasculares <sup>(11)</sup>

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Sulfúrico cause efectos adversos en el sistema cardiovascular tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

##### 4.4.3.5.2 Efectos Hematológicos <sup>(11)</sup>

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Sulfúrico cause efectos adversos en la sangre tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.



#### **4.4.3.5.3 Efectos Musculares <sup>(11)</sup>**

No se encontraron estudios referidos a los efectos musculares de la exposición, ingestión o contacto con Acido Sulfúrico.

#### **4.4.3.5.4 Efectos Hepáticos <sup>(11)</sup>**

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Sulfúrico cause efectos adversos en el hígado tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### **4.4.3.5.5 Efectos Renales <sup>(11)</sup>**

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Sulfúrico cause efectos adversos en los riñones tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### **4.4.3.5.6 Efectos Endocrinos <sup>(11)</sup>**

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Sulfúrico cause efectos adversos en glándulas tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### **4.4.3.5.7 Efectos Inmunológicos <sup>(11)</sup>**

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Sulfúrico cause efectos adversos en el sistema inmunológico tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### **4.4.3.5.8 Efectos Neurológicos <sup>(11)</sup>**

Se reporta mareo, pesadez y dolor de cabeza en personas expuestas accidentalmente a nieblas de Acido Sulfúrico.

### **4.4.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA**

DL<sub>50</sub> (Oral, ratas): 1240 mg/kg <sup>(12)</sup>

CL<sub>50</sub> (Inhalación, ratas) CL<sub>50</sub>: 510 mg/m<sup>3</sup>/2 horas <sup>(12)</sup>

#### **4.4.4.1 CANCER**

No existe información acerca de la generación de cáncer por causa directa del contacto con Acido Sulfúrico y por esta razón organismos de vigilancia de la salud de la población en otros países no lo han clasificado como cancerígeno por si solo. La IARC (Agencia Internacional para la Investigación Sobre el Cáncer) cree que existe evidencia suficiente para afirmar que la exposición ocupacional a nieblas fuertes de Acido Sulfúrico son cancerígenas para los humanos a nivel del tracto respiratorio, no obstante la IARC tampoco ha clasificado el Acido Sulfúrico como cancerígeno <sup>(2, 6, 11, 12)</sup>.

#### **4.4.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS Y DEL DESARROLLO <sup>(11)</sup>**

No se encontró información con referencia a efectos adversos reproductivos o del desarrollo en seres humanos producto de exposiciones crónicas o prolongadas a Acido Sulfúrico por vía oral, cutánea o respiratoria. Estudios en animales no muestran desarrollo de malformaciones fetales por causa de exposiciones a Acido Sulfúrico durante la gestación.

#### **4.4.4.3 EFECTOS GENOTOXICOS <sup>(11)</sup>**

Directamente el Acido Sulfúrico no es una sustancia que cause mutaciones celulares; sin embargo, si existen posibilidades de generación de anomalías a nivel celular en linfocitos humanos por causa del pH Acido que puede inducir la presencia de esta sustancia.

### **4.4.5 RESPUESTA A ACCIDENTES**

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

#### 4.4.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

La exposición aguda al Acido Sulfúrico puede requerir una descontaminación de la víctima. Para casos de exposición aguda es necesario que la víctima luego de recibir los primeros auxilios sea remitida a un centro hospitalario para tratamiento posterior.

##### 4.4.5.1.1 Exposición en Ojos

La persona se debe retirar del peligro lo más rápidamente posible. Los ojos se deben lavar inmediatamente con abundante agua durante por lo menos 15 minutos levantando ocasionalmente los párpados superior e inferior para evitar su acumulación en estas áreas. Nunca se deben portar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento. La víctima siempre debe recibir atención médica <sup>(2, 10)</sup>.

##### 4.4.5.1.2 Exposición en la Piel

La persona afectada se debe retirar del peligro de forma segura tanto para la víctima como para la persona que se encuentra prestando la asistencia. La zona afectada se debe lavar de inmediato con agua y jabón. Cuando Acido Sulfúrico o sus soluciones logren penetrar a través de la ropa, la ropa contaminada se debe retirar de inmediato y la piel que entre en contacto con la sustancia se debe lavar con agua y jabón. Una vez se hayan administrado los procedimientos de primeros auxilios, la persona afectada se debe remitir a evaluación médica <sup>(2, 10)</sup>.

##### 4.4.5.1.3 Inhalación

La víctima se debe ubicar rápidamente en lugares donde se pueda tener acceso al aire fresco. El personal de atención de primeros auxilios debe evitar verse involucrado en el contacto con la sustancia cuando se lleve a cabo el procedimiento de primeros auxilios. Si la víctima ha cesado de respirar se debe administrar respiración artificial. La persona afectada se debe mantener caliente y en reposo. La víctima siempre debe recibir atención médica inmediata <sup>(2, 10)</sup>.

##### 4.4.5.1.4 Ingestión

No se debe inducir el vómito a las víctimas que han ingerido esta sustancia. Tampoco se debe tratar de neutralizar con soluciones básicas. Las víctimas se deben lavar la boca con gran cantidad de agua pero evitando tragar cantidades apreciables de ella. Luego que la víctima se lave la boca, debe ingerir agua o leche en cantidad de 2 vasos para diluir los contenidos estomacales; sólo se debe administrar agua o leche a las víctimas que se encuentren conscientes y alerta. La víctima debe recibir atención médica inmediatamente <sup>(2, 10)</sup>.

##### 4.4.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

Para situaciones de emergencia, se deben usar máscaras antigas de presión positiva o de demanda de presión y que posean cubrimiento completo del rostro. Debe ser usado también un traje totalmente hermético resistente al ataque químico fabricado en polietileno, saranex, neopreno, caucho de butilo o caucho natural <sup>(2, 10)</sup>.

#### 4.4.5.2 INCENDIOS

El Acido Sulfúrico no es combustible, sin embargo muchas reacciones en las que se involucra pueden causar fuego o explosiones.

Los incendios que involucren pequeñas cantidades de combustible se pueden sofocar con polvo químico seco, espuma o dióxido de carbono. No se recomienda el uso de agua directamente sobre el Acido Sulfúrico debido a la alta generación de calor que se promueve y los peligros que ello representa; pero si se presenta



fuego de gran magnitud, y el único método de extinción disponible es agua, se debe atacar el fuego desde una distancia segura con una manguera de alta presión y con chorros atomizados <sup>(2)</sup>. Si el fuego involucra los tanques de almacenamiento del Acido Sulfúrico, estos se deben retirar del área de incendio si no representa riesgo o se deben mantener fríos con chorros de agua evitando el contacto directo del agua con el Acido <sup>(7)</sup>.

#### 4.4.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS <sup>(2, 10)</sup>

Siempre que existan derrames o fugas de Acido Sulfúrico se deben efectuar los siguientes pasos:

- Ventilar el área de fuga o derrame
- Recolectar el material derramado en la manera mas conveniente para su reciclaje o para su disposición en un relleno de seguridad apropiado. El Acido Sulfúrico se debe absorber en vermiculita, arena seca o un material similar que no sea combustible. Puede ser diluido y neutralizado para su disposición con bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>) o soda diluida. Se puede usar también oxido de calcio e hidróxido de calcio para neutralizar.

Personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben evacuar de las áreas de fugas hasta que la limpieza se haya completado.

#### 4.4.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 1 mg/m<sup>3</sup> (1998) <sup>(2, 7, 9, 10, 11)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 1 mg/m<sup>3</sup> (1998) <sup>(2, 11)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 1 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(9)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 80 mg/m<sup>3</sup> (1978) <sup>(2)</sup>

**STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH):** 3 mg/m<sup>3</sup> (1998) <sup>(11, 9)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.4.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(10)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto con la piel de Acido Sulfúrico concentrado o de soluciones acuosas que contengan Acido Sulfúrico en concentración mayor que el 1%.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Acido Sulfúrico concentrado o a soluciones de Acido Sulfúrico en concentraciones mayores a 1% en peso, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa no impermeable que se contamine con Acido Sulfúrico se debe remover prontamente y no se debe usar hasta que el Acido sea removido por completo.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que soluciones de Acido Sulfúrico entren en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que Acido Sulfúrico o soluciones de éste con contenido mayor de 1% de Acido en peso entren en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

##### 4.4.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(10)</sup>

Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 17. Protección respiratoria mínima para Acido Sulfúrico en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 5 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)
Concentración de hasta 50 mg/m <sup>3</sup>	Una mascara de gases de tipo mentón o cilindro para gases ácidos frontal o trasero con un filtro de partículas de alta eficiencia. Un respirador con filtro de partículas de alta eficiencia con pieza facial completa. Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración auto contenido con pieza facial completa.
Concentración de hasta 100 mg/m <sup>3</sup>	Un respirador con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva o con pieza facial completa, yelmo o capucha operada en modo de flujo continuo. Aparatos de respiración autocontenidos con pieza facial completa operados en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva.
Concentración de mas de 100 ppm o concentraciones desconocidas	Una combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con careta completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Una mascara de gases de tipo mentón o un cilindro para gases ácidos frontal o trasero con filtro de partículas de alta eficiencia. Cualquier aparato de evacuación de respiración autocontenido.

Tomada de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Sulfuric Acid" (10)

#### 4.4.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con Acido Sulfúrico, las personas involucradas se deben entrenar en su manejo y almacenamiento. Además deben estar entrenados en el uso del equipo de protección personal.

Debido a la posibilidad de generación de Hidrógeno inflamable y combustible por el contacto del Acido Sulfúrico con algunos metales, se debe prohibir fumar en zonas de almacenamiento, manejo o procesamiento de esta sustancia. En las mismas zonas, se deben revisar las líneas de conducción eléctrica para garantizar ausencia de cortos que puedan ocasionar chispas y posteriores explosiones e incendio si existe Hidrógeno presente producto de la reacción del Acido con algunos metales con los que entre en contacto <sup>(2)</sup>.

Cuando se diluya el Acido, éste debe ser siempre agregado al agua en cantidades reducidas. Nunca usar agua caliente o agregar agua al Acido. El agua agregada al Acido puede causar ebullición incontrolada y salpicaduras violentas. Cuando se destapen contenedores con este material no usar herramientas que produzcan chispas debido a la posibilidad de existencia de Hidrógeno gaseoso. Los contenedores de este material pueden ser peligrosos debido a que retienen residuos de producto (vapores, líquido) <sup>(7)</sup>.

##### 4.4.8.1 FRASES DE SEGURIDAD <sup>(8)</sup>

###### Soluciones de Acido Sulfúrico a Concentraciones mayores de 15%

**S1/2:** Manténgase bajo llave y fuera del alcance de los niños

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediata y abundantemente con agua y acuda a un médico

**S30:** Nunca agregue agua a este producto



Acido sulfúrico

**S45:** En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al médico (si es posible muestre la etiqueta)

**Soluciones de Acido Sulfúrico a Concentración entre 5% y 15%**

**S1/2:** Manténgase bajo llave y fuera del alcance de los niños

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediata y abundantemente con agua y acuda a un médico

**4.4.8.2 ALMACENAMIENTO**

El almacenamiento se debe realizar en lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. No almacenar en contenedores metálicos. No fumar en zonas de almacenamiento o manejo por causa del peligro de la presencia de Hidrógeno en tanques metálicos que contengan Acido. Evitar el deterioro de los contenedores, se debe procurar mantenerlos cerrados cuando no están en uso. Almacenar las menores cantidades posibles. Los contenedores vacíos se deben separar del resto. Inspeccionar regularmente la bodega para detectar posibles fugas o corrosión. El almacenamiento debe estar retirado de áreas de trabajo. El piso debe ser sellado para evitar la absorción.

El almacenamiento se debe realizar en recipientes irrompibles y/o en contenedores de acero inoxidable. La bodega de almacenamiento debe estar provista con piso de concreto resistente a la corrosión. En el transporte de esta sustancia no se deben llevar comida o alimentos en el mismo vehículo <sup>(7)</sup>.

**4.4.9 USOS, GENERACION Y CONTROLES <sup>(10)</sup>**

**Tabla 18. Usos, generación y control de emisiones de Acido Sulfúrico**

Uso / Generación	Control
Usado en la manufactura de fertilizantes y ácido fosfórico.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en al refinación del petróleo como catalizador para la producción de gasolina de alto octanaje, producción de combustibles, kerosén, aceites blancos, aditivos para aceites y en la preparación de catalizadores para crackeo.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la manufactura de pigmentos y colorantes.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la manufactura de explosivos industriales y militares.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la producción de alcoholes, fenoles y sulfatos inorgánicos.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en el procesamiento de minerales ferrosos; usado en la limpieza de metales y en el plateado; usado en la fabricación de cable galvanizado; en el anodinado de metales y en electro plateado.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la producción de detergentes.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la industria del plástico para la manufactura de rayón, celofán, celulosa, acetato caprolactama y otros; usado en baterías de plomo como electrolito.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en procesamiento de alimentos en la manufactura de azúcares para cerveza; manufactura de celulosa, refinación de aceites minerales y vegetales.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la preparación de insecticidas; usado en la producción de caucho natural y sintético.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.

**Tabla 18. Usos, generación y control de emisiones de Acido Sulfúrico (continuación)**

Uso / Generación	Control
Usado para el secado de gases ácidos y corrosivos; usado en el tratamiento de aguas industriales para control de pH.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la producción de textiles; usado en la industria del cuero.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado como reactivo de laboratorio como solvente o para análisis químico; usado en la síntesis química de ácidos, de intermediarios para medicinas, de esteres y de ácidos grasos.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.

#### 4.4.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

Gracias a la naturaleza de Acido fuerte del Acido Sulfúrico, está presente en el medio ambiente en forma disociada. Esta propiedad también implica que el Acido Sulfúrico no se acumula a lo largo de las cadenas alimenticias.

La ocurrencia de Acido Sulfúrico en forma natural se da principalmente por la hidrólisis de Oxidos de Azufre producidos por procesos de combustión y posterior deposición húmeda. Las emisiones acuáticas ocurren en localidades de manufactura industrial aunque por lo general en plantas con buenas prácticas ambientales, estas emisiones se dan luego de un proceso de neutralización en donde el Acido se transforma en Sulfatos<sup>(4, 6, 11)</sup>.

##### 4.4.10.1 SUELO

De forma transitoria en algunos lugares donde se usa el Acido Sulfúrico con fines agrícolas, éste puede encontrarse en el suelo. Debido a que su uso corresponde al tratamiento de suelos muy básicos, su forma activa como Acido posee una corta vida. Los derrames de este material sobre el suelo se contrarrestan por la presencia de otros químicos como el amoníaco, que se generan naturalmente por la descomposición de material orgánico y por el metabolismo de algunos microorganismos<sup>(11)</sup>. En el suelo la presencia de Acido Sulfúrico se da como su ión Sulfato, el que se reduce en algunos casos por la acción de bacterias anaeróbicas que lo llevan a Azufre y a sulfuro de Hidrógeno<sup>(11)</sup>.

##### 4.4.10.2 AIRE

En el aire la forma común del Acido Sulfúrico corresponde a la de aerosoles que se encuentran asociados con otras partículas contaminantes sólidas o líquidas, las que poseen un amplio intervalo de tamaños<sup>(6)</sup>.

Las vías por las que el Acido Sulfúrico puede alcanzar la atmósfera se enumeran a continuación, aunque sin un orden específico<sup>(4, 6, 11)</sup>:

- Emisión directa a partir de fuentes industriales
- Transformación de Oxidos de Azufre hasta Acido Sulfúrico
- Oxidación de sulfuro de Hidrógeno en el aire

La generación a partir del dióxido de Azufre se inicia con la combustión de materiales como carbón, Aceite y gas que poseen átomos de Azufre en su estructura o que poseen compuestos azufrados como componentes. El óxido de Azufre se transforma lentamente en trióxido de Azufre que reacciona con la humedad del aire para dar lugar al Acido Sulfúrico. Varios procesos intervienen en la transformación del dióxido de Azufre, entre ellas se cuentan procesos fotoquímicos en presencia de hidrocarburos, oxidación catalítica en presencia de material particular que contiene compuestos de Hierro y Manganeseo<sup>(6, 11)</sup>.



Acido sulfúrico

Las partículas líquidas de Acido recién formadas suspendidas en el aire crecen rápidamente de tamaño por causa de la alta higroscopicidad del Sulfúrico hasta que logran un estado de equilibrio con el medio <sup>(6)</sup>. Estas partículas pueden durar suspendidas por largos periodos de tiempo.

El Acido Sulfúrico se limpia de la atmósfera por barrido con la lluvia, que genera lluvia ácida. Parte del Acido en aerosol reacciona con amoniaco ambiente transformándose en sales de amonio parcial o totalmente neutralizadas que también permanecerán es estado de aerosol <sup>(6)</sup>.

#### 4.4.10.3AGUA

El Acido Sulfúrico en las vías de agua se presenta por causa de las precipitaciones en forma de lluvia ácida. Derrames accidentales son causa también de la presencia del Acido Sulfúrico en el agua, éstos son representativos solo en la medida de la cantidad liberada.

El Acido Sulfúrico disuelto en agua se disocia y su anión se asocia con otros cationes como calcio, magnesio y aluminio. En capas superficiales del océano, el ion Sulfato se forma por la disolución de dióxido de Azufre que posteriormente se transforma a Acido sulfuroso y finalmente en Acido Sulfúrico. Este fenómeno no se presenta con tanta severidad en aguas dulces debido a la ausencia de sales presentes en ellas. Las sustancias que intervienen en la generación de Acido Sulfúrico en medio acuoso pueden incluir iones como  $\text{ClO}_4^{-2}$ ,  $\text{VO}_2^+$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$  y  $\text{Ni}^{+2}$  <sup>(4,6,11)</sup>.

#### 4.4.11 ECOTOXICIDAD

Las fugas de Acido Sulfúrico son muy nocivas para las aguas superficiales y subterráneas. La sustancia es muy nociva tanto para algas como para peces. Cualquier concentración mayor de  $1200 \text{ mg/m}^3$  se considera letal para peces; concentraciones mayores de  $6300 \text{ mg/m}^3$  causa la muerte en el transcurso de 24 horas <sup>(11)</sup>.

##### Toxicidad para Peces

*Lepomis macrochirus* CL<sub>50</sub> 96 horas: 16 – 28 mg/l <sup>(11)</sup>

*Brachydanio rerio* CL<sub>50</sub> 24 horas: 82 mg/l <sup>(11)</sup>

##### Toxicidad para Plantas Acuáticas

Fitoplancton NOEC, Concentración Mínima Para la Cual no se Presentan Efectos Adversos (No Observed Effect Concentration): 0,13 mg/l <sup>(11)</sup>

##### Toxicidad para Microorganismos

*Pseudomona fluorescens* NOEC, Concentración Mínima Para la Cual no se Presentan Efectos Adversos (No Observed Effect Concentration): 6900 mg/l <sup>(11)</sup>

##### Toxicidad Crónica para Peces

NOEC, Concentración Mínima Para la Cual no se Presentan Efectos Adversos (No Observed Effect Concentration): 0,058 mg/l <sup>(11)</sup>

#### 4.4.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

##### 4.4.12.1 REDUCCION DE GENERACIÓN DE DESECHOS

La mayoría del Acido Sulfúrico no termina su vida útil en los productos finales sino en forma de soluciones ácidas diluidas, Sulfatos metálicos y otros residuos. En el caso de las soluciones ácidas con bajos niveles de otros contaminantes se puede emplear el método de la concentración con óleum, que no es otra cosa que la mezcla de cierta cantidad de óleum con el Acido Sulfúrico diluido para llevarlo a una concentración deseada <sup>(1,11)</sup>.

Otra forma de recuperación de soluciones diluidas de Acido Sulfúrico consiste en el método de la regeneración, aunque este método resulta más costoso que la producción del mismo Acido Sulfúrico en su planta de

producción. Este procedimiento consiste de dos pasos: concentración de la solución diluida de Acido hasta el máximo posible y descomposición de las sales de Sulfato en la solución. De forma general, la regeneración se realiza por evaporación de agua de la solución diluida con precipitación de sales e impurezas. La evaporación transcurre en diferentes etapas, algunas de las cuales se realizan con adición de calor y en vacío y otras por adición solo de calor. Una detallada explicación del procedimiento se describe en Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry, volumen 24<sup>(1)</sup>.

#### 4.4.12.2 ALTERNATIVAS PARA TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS

La forma tradicional de disposición de Acido Sulfúrico consiste su adsorción sobre materiales como vermiculita, arena seca o tierra; luego de lo cual se envasa en contenedores herméticamente cerrados que se disponen en un lugar aprobado por la reglamentación local. El Acido Sulfúrico se puede transformar en una sustancia sin propiedades tóxicas o peligrosas para el medio ambiente o los seres humanos por medio de procedimientos de neutralización con una base adecuada. Por lo común, el Acido se diluye en una gran cantidad de agua para evitar peligros de excesiva generación de calor y se agrega lentamente a una solución de hidróxido de sodio y cal apagada. El Acido así tratado se puede verter en el alcantarillado previa revisión de normas y reglamentos aplicables de manera local o nacional.

#### 4.4.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 24; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Environmental Protection Agency (EPA). Sulfuric Acid Chemical Profile and Emergency First Aid Treatment Guide [en línea]. Octubre de 1985, revisado noviembre de 1987 [citado Abril 26 de 2003]. Disponible [http://lyosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical\\_Results?OpenView&Start=291](http://lyosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical_Results?OpenView&Start=291)
3. Environmental Protection Agency (EPA). Emergency Planning and Community Right to Know Act, Section 313: List of Toxic Chemicals [on line]. Marzo de 2001 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/tri/chemical/chemlist2001.pdf>
4. Environmental Protection Agency (EPA). Sulfur Oxides (SO<sub>x</sub>) [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Abril de 2002 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/ehtpages/pollchemicsulfuroxides.html>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Managing Hazardous Material Incidents, Sulfur Dioxide [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Abril de 2003 [citado Abril 26 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg116.pdf>
6. Organización Mundial de la Salud (OMS); Environmental Health Criteria 8, Sulfur Oxides and Suspended Particulate Matter [en línea]. 1979 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc008.htm>
7. Organización Mundial de la Salud (OMS); International Chemical Safety Cards, Sulfuric Acid [en línea]. Octubre de 2000 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc03/icsc0362.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc03/icsc0362.htm)
8. Organización Internacional del Trabajo (OIT); Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Septiembre de 1999 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>



9. *Occupational Safety & Health Administration (OSHA); Chemical Sampling Information, Safety and Health Topics: Sulfuric Acid [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado Enero de 1999 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_268700.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_268700.html)*
10. *Occupational Safety & Health Administration (OSHA); Occupational Safety and Health Guideline for Sulfuric Acid [en línea]. Septiembre de 1978 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0577.pdf>*
11. *United Nations Environmental Programme. SIDS Initial Assessment Report for 11 SIAM, Sulfuric Acid [en línea]. Enero de 2001 [citado abril de 2003]. Disponible en [http://www.chem.unep.ch/lirptc/sids/volume10/v10\\_2/sidsv10\\_2\\_7664939.pdf](http://www.chem.unep.ch/lirptc/sids/volume10/v10_2/sidsv10_2_7664939.pdf)*
12. *Mallinckrodt Baker, Inc. Material Safety Data Sheet, Sulfuric Acid, 52 – 100% [en línea]. Febrero de 2002 [citado julio de 2003]. Disponible en <http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/S8234.htm>*

---

Acido sulfúrico

# 4.5

## Amoniaco

- 4.5.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.5.1.1 SINONIMOS
  - 4.5.1.2 DESCRIPCION
  - 4.5.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.5.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.5.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.5.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.5.2 PRODUCCIÓN APLICACIONES Y USOS
  - 4.5.2.1 PRODUCCION
  - 4.5.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.5.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.5.3.1 INHALACION
  - 4.5.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.5.3.3 INGESTION
  - 4.5.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.5.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.5.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
- 4.5.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.5.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.5.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.5.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.5.5.1.3 Inhalación
    - 4.5.1.5.4 Ingestión
    - 4.5.5.1.5 Rescate
  - 4.5.5.2 INCENDIOS
  - 4.5.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.5.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
- 4.5.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.5.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

- 4.5.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.5.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.5.8.2 ALMACENAMIENTO
  
- 4.5.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.5.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.5.10.1 SUELO
  - 4.5.10.2 AIRE
  - 4.5.10.3 AGUA
  
- 4.5.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.5.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION
  
- 4.5.13 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.5.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA

**Fórmula Molecular:** NH<sub>3</sub>

**Fórmula Estructural:**

**CAS:** 7664-41-7

**Número UN:**

UN: 2672 (solución acuosa entre 12% y 44%)

UN: 2073 (solución acuosa >44%)

UN: 1005 (gas Anhidro o solución acuosa >50%)

**Clase de Peligro UN:** 2.3

**Riesgos Subsidiarios UN:** 8

##### 4.5.1.1 SINÓNIMOS

Se conoce también como gas de Amonio, Amoniaco Anhidro, R-717, espíritu de Hartshorn, AM-FOL, Nitro-Sil. En forma líquida se conoce como Amoniaco Líquido o Amoniaco licuado. En soluciones en agua se denomina Amoniaco en solución acuosa o Hidróxido de Amonio<sup>(1,2,6)</sup>.

Ammoniac [Francés], Ammoniaca [Italiano] Ammoniak [Alemán], Amoniak [Polaco]<sup>(7)</sup>.

##### 4.5.1.2 DESCRIPCIÓN

En condiciones de temperatura y presión ambiente el Amoniaco Anhidro es un gas incoloro, sofocante, de olor irritante y altamente irritante; su olor es familiar al público en general debido a que se emplea en productos de limpieza en forma de soluciones acuosas. Es más liviano que el aire y posee características de inflamabilidad. Es fácilmente comprimido hasta condensar como líquido transparente a condiciones de 10 atmósferas y 25°C. El Amoniaco Anhidro en cualquiera de sus presentaciones es higroscópico<sup>(2,5,6,7)</sup>.

El Amoniaco se disuelve fácilmente en agua donde genera el Ión Amonio (NH<sup>+</sup>) y forma soluciones alcalinas. El Ión Amonio no es gaseoso y no se capta por olor en el ambiente. La forma iónica y neutra del Amoniaco permanecen en equilibrio en la solución y por tanto dichas soluciones, aún a bajas concentraciones, generan vapores de olor irritante<sup>(5,7)</sup>.

Industrialmente el Amoniaco está disponible como gas licuado en cilindros de acero, carro tanques presurizados, barcasas (en todos lleva la etiqueta "Gas Comprimido No Inflamable") y líneas de tuberías. Gracias a su solubilidad en agua, esta sustancia es ampliamente vendida y usada en forma de solución acuosa, que por lo general es del 25% al 30% (peso a volumen). A esta concentración el Amoniaco forma solución saturada en agua<sup>(2,5)</sup>.

En la naturaleza el Amoniaco se encuentra en forma de soluciones de diferentes concentraciones en ríos, lagos, pozos y suelos húmedos. Es un nutriente prioritario para algunas plantas y por tanto vital en las cadenas alimenticias donde ellas se encuentran<sup>(5)</sup>.

##### 4.5.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Amoniaco Anhidro

Componente	Contenido	Peligroso
Amoniaco	99,5%	Sí

Soluciones acuosas

Componente	Contenido	Peligroso
Amoniaco	25 – 30%	Sí
Agua	70 – 75%	No

NH<sub>3</sub>

Amoniaco

#### 4.5.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(2, 5, 6, 7)</sup>

**Tabla 19. Propiedades físicas para el Amoniac**

PROPIEDAD	VALOR
Estado físico	Gas; puro Líquido; solución
Peso Molecular (g/mol)	17,03
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	-33,35
Punto de Fusión (°C)	-77,7
Presión de Vapor (mmHg)	6080 (20 °C anhidro) 447 (20 °C aq al 28%)
Gravedad Específica (Agua = 1)	0,6818 (Líquido a -33,35 °C)
Densidad del Vapor (Aire = 1)	0,59
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	No disponible
Constante de la Ley de Henry (atm*m <sup>3</sup> /mol)	1,6X10 <sup>-5</sup> ; 25 °C
Solubilidad en Agua (g/ml)	0 °C 895 g/litro 20 °C 529 g/litro 40 °C 316 g/litro 60 °C 168 g/litro
Límites de Inflamabilidad (% vol)	16% - 25%
Temperatura de Auto ignición (°C)	650
Punto de Inflamación (°C)	No disponible
pH	11,6; solución acuosa 1N

#### 4.5.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Amoniac se disocia parcialmente en el agua formando soluciones básicas de acuerdo al siguiente equilibrio <sup>(12)</sup>:



La constante de disociación del Amoniac,  $K_b$ , es  $1.774 \times 10^{-5}$  a 25 °C ( $pK_b$  es 4.751) y se incrementa sensiblemente con el incremento en la temperatura <sup>(12)</sup>, a pH 9,25 la mitad del Amoniac estará en estado anhidro ( $\text{NH}_3$ ) y la mitad estará en forma de Ión Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), a pH 8,25 y 7,25, 90, y 99% del Amoniac estará ionizado, respectivamente. Como resultado, muchas propiedades físicas y químicas del Amoniac serán función del pH. Por ejemplo, la solubilidad del Amoniac en agua se incrementa con la disminución en el pH. La volatilidad del Amoniac se incrementa con el incremento en el pH; de esta forma, esta sustancia se volatilizará libremente de sus soluciones con agua a pH altos. Las sales de Amonio como el cloruro, nitrato y sulfato se disocian y solubilizan fuertemente en el agua y por eso los cambios en el pH no generarán normalmente la formación de precipitados de Amonio <sup>(5,7)</sup>.

El Amoniac gaseoso se adsorbe fácilmente en ciertos sólidos. Las características de adsorción del Amoniac en ciertas superficies metálicas son importantes en su síntesis y en otras reacciones catalíticas <sup>(7)</sup>.

Los productos de combustión son principalmente Nitrógeno y agua, pero también se forman pequeñas trazas de nitrato de Amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y Dióxido de Nitrógeno <sup>(7)</sup>.

Otra reacción importante que involucra la oxidación del Amoniac es su oxidación catalítica a Oxido Nítrico (NO) y Oxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Esta reacción es un paso importante en la manufactura del Acido Nítrico <sup>(7)</sup>.

Bajo condiciones atmosféricas normales, el Amoniac no sufre ninguna reacción fotoquímica primaria a longitudes de onda mayores de 290 nm. Cuando se expone a radicales u otras especies fotoquímicamente excitadas, el Amoniac sufre descomposición secundaria <sup>(5,7)</sup>:



Algunas de estas reacciones pueden ser muy importantes en el balance de Nitrógeno atmosférico.

El Amoniaco también sufre descomposición a Nitrógeno e Hidrógeno cuando se expone a descargas eléctricas. Reacciona con Azufre para formar sulfato de Amonio en la atmósfera.

El Amoniaco acuoso puede tomar parte en reacciones de sustitución con haluros orgánicos, sulfonatos, compuestos hidroxílicos y nitrosos y en la presencia de catalizadores metálicos, se usa para producir amino Acidos a partir de queto Acidos. El Amoniaco reacciona con el Acido hipocloroso (HOCl) para formar monocloramina, dicloramina o tricloruro de Nitrógeno. La formación de estas cloraminas depende del pH, la concentración relativa del Acido hipocloroso y el  $\text{NH}_3$ , el tiempo de reacción y la temperatura. La presencia de estas cloraminas puede contribuir al olor y sabor del agua potable y puede estar asociado con problemas de la salud<sup>(6,7)</sup>.

El Amoniaco interviene en numerosas reacciones industrialmente importantes con compuestos orgánicos. La reacción con haluros de alquilo o con alcoholes se usa en la producción de aminas e iminas. Con haluros orgánicos Acidos la reacción genera amidas ácidas con subproducto cloruro de Hidrógeno. De la misma manera, las amidas ácidas resultan de la acilación del Amoniaco con ésteres Acidos, Anhídridos Acidos o incluso Acidos a temperaturas arriba de 100 °C. La adición de Amoniaco a aldehídos y cetonas con liberación de agua lleva a compuestos intermedios amínicos inestables. Con Oxidos de Etileno y Propileno, el Amoniaco acuoso reacciona para dar etanolamina o propanlamina. Por reacción de olefinas con el Amoniaco se pueden obtener alquilaminas. La oxidación catalítica en fase gaseosa de olefinas en presencia de Amoniaco sobre catalizadores de vanadio o de Amoniaco genera nitrilos Acidos de alta importancia comercial<sup>(1,11,12)</sup>.

#### 4.5.1.5.1 Incompatibilidades

El Amoniaco reacciona violentamente con oxidantes fuertes, Acidos, halógenos y sales de plata, zinc, cobre y otros metales pesados. Es corrosivo para superficies galvanizadas y de cobre. La adición de agua sobre el Amoniaco Anhidro genera gran desprendimiento de calor y existe el peligro de provocar salpicaduras cáusticas al personal que se encuentre en las cercanías<sup>(1,8)</sup>.

Dentro de sus incompatibilidades se encuentran la plata y las sales de oro, los halógenos, metales alcalinos, el tricloruro de Nitrógeno, el clorato de potasio, cloruro de cromo, haluros de oxígeno, vapores Acidos, oxido de Etileno, Acido pícrico y otros químicos<sup>(2,8)</sup>.

Aunque se ha visto que esta es una sustancia de gran cuidado, el Amoniaco puede tener efectos benéficos cuando se usa por ejemplo en sales de Amonio para oler.

## 4.5.2 PRODUCCIÓN APLICACIONES Y USOS

### 4.5.2.1 PRODUCCIÓN

El método principal de producción de Amoniaco Anhidro es el proceso de Haber-Bosh modificado, que constituye la forma de producción del 90% del Amoniaco mundial. En este proceso, el Nitrógeno (obtenido de la atmósfera) y el hidrógeno (a partir del gas natural) se mezclan en una proporción de 1:3 y pasan sobre un catalizador a alta presión. El Amoniaco así producido se colecta por diferentes métodos y los reactivos que no reaccionaron se recirculan al reactor. Pequeñas cantidades de Amoniaco se producen industrialmente como subproducto de la coquización del carbón. La mayor proporción de producción industrial de Amoniaco ocurre en áreas donde el gas natural es barato y abundante ya que el Amoniaco se sintetiza usando este medio<sup>(2,4,5,6,7)</sup>.

$\text{NH}_3$

Amoniaco

El proceso completo de producción de Amoniacó puede subdividirse en las siguientes operaciones<sup>(1,7)</sup>:

- Preparación del gas de síntesis
- Producción de gas
- Conversión de Monóxido de Carbono
- Purificación del gas
- Compresión
- Síntesis
- Recuperación de Hidrógeno del gas de purga

Los cambios más significativos efectuados en los últimos años corresponden a la preparación del gas de síntesis y en la compresión.

#### **4.5.2.1.1 Preparación del gas de síntesis<sup>(1)</sup>**

El objetivo de esta etapa consiste en la preparación de una mezcla de Nitrógeno e Hidrógeno tan pura como sea posible a una razón estequiométrica de 1:3. Las materias primas consisten en agua, aire y un medio reductor que contenga Carbono, y que por su parte contenga Hidrógeno.

Existen dos procedimientos fundamentales para la producción del gas de síntesis: reformado de vapor y oxidación parcial. Los principales productos de estos procedimientos constituyen Hidrógeno y Monóxido de Carbono. El oxígeno necesario puede ser proveído ya sea como vapor, como oxígeno gaseoso o como aire. Si se usa un catalizador y se emplea el vapor como agente de transferencia de oxígeno, el proceso se llama reformado de vapor. Por otro lado, si el reactante es oxígeno o aire y no se usan catalizadores, el proceso se llama oxidación parcial.

#### **4.5.2.1.2 Compresión<sup>(1)</sup>**

Termodinámicamente, la generación de Amoniacó necesita de altas presiones o muy bajas temperaturas. Con mayor facilidad se puede obtener alta presión que la temperatura necesaria para una conversión aceptable, así que todas las plantas de producción incluyen este paso. Los sistemas de presión industrialmente usados se encuentran en el intervalo de 8 a 45 MPa (80-450 bar), aunque la mayoría opera a presiones de entre 15 y 25 MPa (150-250 bar).

#### **4.5.2.1.3 Síntesis<sup>(1)</sup>**

Los catalizadores empleados permiten el trabajo de alrededor de 350 °C. A las condiciones comerciales de operación la conversión alcanzada por paso del gas de síntesis es solo del 25-35% y por ello, en las plantas de producción se recurre a ciclos para elevar la conversión global del proceso. El gas que sale del reactor se fracciona por condensación para retirar el Amoniacó producido y el resto se devuelve al proceso.

Previo al proceso Haber-Bosch, el Amoniacó se producía por la hidrólisis de cianuros. Otro método a pequeña escala para la producción de Amoniacó consiste en la regeneración a partir de sales de Amonio por medio del calentamiento en presencia de una base.

El Amoniacó se produce tanto por el hombre como por procesos naturales. La cantidad de Amoniacó producido por el hombre cada año es casi igual al producido por la naturaleza en el mismo periodo. En el medio ambiente el Amoniacó se produce por bacterias en el suelo, plantas y animales en descomposición y por desechos animales.

### **4.5.2.2 APLICACIONES Y USOS**

La mayoría del Amoniacó producido se usa con fines agrícolas, ya sea por aplicación directa o como intermediario en la producción de fertilizantes. El Amoniacó y los compuestos de Amonio usados en fertilizantes representan cerca del 89% del Amoniacó producido comercialmente. El uso directo del Amoniacó puede caer en las siguientes categorías: Amoniacó Anhidro 30%, soluciones de urea/nitrato de Amonio 24%, urea 17,5%, nitrato de Amonio 5%, sulfato de Amonio 2% y otras formas 21,5%. Muchos compuestos de Amonio y Acido Nítrico se usan directamente en la producción de fertilizantes. Las proporciones pequeñas de Amoniacó producido no incorporado en fertilizantes se usa como inhibidor de corrosión,

en la purificación de fuentes de agua, como componente de limpiadores domésticos y en la industria de refrigerantes. Se usa en las industrias de pulpa de papel, de la metalurgia, del caucho, de comidas y bebidas, de los textiles, de productos farmacéuticos y en las industrias del cuero <sup>(1, 5, 6, 7)</sup>.

### 4.5.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

#### Frases de Riesgo

#### Amoniaco Anhidro

**R10:** Inflamable

**R23:** Tóxico por inhalación

**R34:** Provoca quemaduras

**R50:** Muy tóxico para los organismos acuáticos

#### Solución de Amoniaco Concentración Mayor a 25%

**R34:** Provoca quemaduras

**R50:** Muy tóxico para los organismos acuáticos

#### Solución de Amoniaco Concentración entre 5% y 10%

**R36/37/38:** Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias

Siempre se debe tener en cuenta que todas las personas se encuentran expuestas a pequeñas cantidades de Amoniaco en la vida diaria, pero este nivel no afecta en mayor grado ni la salud humana ni la estabilidad del medio ambiente. Posee un olor tan irritante que las personas pueden detectarlo antes que pueda causar daños graves <sup>(7)</sup>.

El Amoniaco es una sustancia altamente irritante para las mucosas. En forma líquida causa quemaduras en la piel y los ojos al contacto. Es también una sustancia venenosa y puede ser fatal por inhalación en grandes cantidades. Todos los síntomas pueden tener efecto retardado. No se ha clasificado esta sustancia como generadora de cáncer pero en presencia de otros químicos puede promover la generación de algunos tipos de cáncer <sup>(2, 4, 5, 6, 7, 8)</sup>.

Por lo general respirar Amoniaco en concentraciones altas pero no letales puede causar laringitis, dificultad para respirar, sensación de ahogo y dolor en el pecho. También a partir de la inhalación puede generarse edema pulmonar y neumonía <sup>(2, 4, 5, 6, 7, 8)</sup>.

Por respiración de Amoniaco en áreas de concentraciones altas, el Amoniaco puede generar segregación de flemas espumosas de color rosado, convulsiones y coma <sup>(1, 2)</sup>.

El contacto con los ojos produce irritación, dolor, conjuntivitis (ojos rojos e inflamados), lagrimación y erosión corneal. También es posible la pérdida de la visión en situaciones extremas de concentración o en salpicaduras de soluciones acuosas concentradas o gas licuado <sup>(2, 4, 5, 6, 7, 8)</sup>.

Los contenedores de Amoniaco Anhidro pueden explotar con generación de llama por acción de fuego o calor <sup>(8)</sup>.

#### 4.5.3.1 INHALACIÓN

La exposición por inhalación a altos niveles de Amoniaco se puede presentar a causa de fugas o derrames en plantas de producción y procesamiento, instalaciones de almacenamiento, tuberías de transporte, camiones tanque y barcos de transporte. Exposición moderada se puede presentar en el momento de aplicación de fertilizantes en campos de cultivo. Exposiciones bajas se presentan cuando se realizan labores de limpieza con productos que contienen soluciones de Amoniaco <sup>(7)</sup>.

NH<sub>3</sub>

Amoniaco

El Amoniaco posee un olor muy fuerte y se puede detectar en concentraciones de hasta 50 ppm en el aire, a partir de las cuales se siente fuerte irritación del tracto respiratorio superior; aunque el nivel de tolerancia de los individuos expuestos continuamente a esta sustancia puede aumentar y no presentarse estos efectos hasta concentraciones un poco más altas. Su alto olor a concentraciones no nocivas hace que su detección sea rápida y da una alarma previa a concentraciones atmosféricas que puedan llegar a ser nocivas <sup>(5, 11)</sup>.

El Amoniaco Anhidro es mas liviano que el aire y por eso tiende a subir en la atmósfera pero los vapores del Amoniaco líquido son inicialmente más pesados y se pueden extender a todo lo ancho del suelo, de tal forma que se pueden producir casos de asfixia y efectos de inhalación en lugares cerrados o pobremente ventilados. Los niños expuestos a iguales niveles de Amoniaco pueden resultar más afectados que los adultos a causa de su alta relación de superficie pulmonar y corporal y de su alto metabolismo representado por respiración mas frecuente <sup>(6, 7)</sup>.

Inicialmente el Amoniaco que se respira del aire se disuelve totalmente en las mucosas, pero de la totalidad del Amoniaco que ingresa, cerca del 80% es devuelto de nuevo a la atmósfera por esta misma ruta. El Amoniaco inhalado puede ingresar directamente a las vías circulatorias. El Amoniaco adsorbido se excreta a través de los riñones en la orina como urea y por el sudor en forma de compuestos de Amonio <sup>(7)</sup>.

La extensión del daño causado por respiración del Amoniaco depende de la duración de la exposición, la concentración del gas y la profundidad de la inhalación.

La exposición a 250 ppm es soportable para muchas personas hasta por una hora. Las exposiciones a aerosoles concentrados de Amonio o sales de Amonio (>500 ppm) resultan en quemaduras nasofaríngeas y de la traquea, obstrucción de las vías de aire, acumulación de fluido en los pulmones, afección respiratoria y edema bronquial y alveolar. Exposiciones a concentraciones de 2500 a 4500 ppm son fatales en un periodo de 30 minutos; concentraciones de entre 5000 y 10000 ppm son letales de forma inmediata. Las muertes inmediatas por exposiciones elevadas se deben a obstrucción de las vías de aire mientras que la mortalidad retardada a estas concentraciones obedece a infecciones y complicaciones secundarias <sup>(4, 5, 6, 7, 11)</sup>.

#### **4.5.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS**

La exposición a niveles nocivos de Amoniaco se puede generar por las mismas razones que para la inhalación. Además, se puede dar por contacto con fuentes de agua contaminada o manipulación poco segura de esta sustancia. Otra forma de contacto consiste en la manipulación inadecuada de productos de limpieza amoniacaes tanto industriales como domésticos, los que pueden contener hasta 25% de Amoniaco. La exposición dérmica al Amoniaco en cualquiera de sus formas es muy frecuente en el área laboral y por lo común genera quemaduras e irritaciones de muy diversos grados <sup>(7)</sup>.

Una pequeña cantidad de Amoniaco o de solución de Amonio concentrada en contacto con la piel causa de forma inmediata quemaduras y llagas abiertas si no se lava rápidamente. Las quemaduras pueden llegar a ser tan graves como para requerir injertos de piel a causa de la pérdida de capas cutáneas. Las heridas mal tratadas generadas por el contacto con Amoniaco pueden dar lugar a infecciones serias en el mediano plazo. En los ojos, por contacto con Amoniaco (concentraciones en el aire arriba de 100 ppm dependiendo el individuo) o soluciones de él, además de quemaduras puede producirse lacrimación, hinchazón de los párpados, abrasión de la córnea, visión borrosa y en casos graves, ceguera permanente <sup>(4, 5, 6, 7, 11)</sup>.

Por contacto con la piel de soluciones de Amoniaco en agua, pequeñas cantidades de éste pueden ingresar al torrente sanguíneo pero se eliminan de forma similar que en la inhalación a través de la orina y el sudor <sup>(6)</sup>.

El daño por contacto causado por esta sustancia se debe de manera más marcada a su reactividad y sus propiedades de irritabilidad. La severidad del daño por contacto a este producto depende de la duración y

concentración en el momento de la exposición. Por lo general, soluciones de Amoniacó de concentración menor al 5% raramente causan quemaduras serias aunque pueden llegar a ser irritantes <sup>(1,6)</sup>.

El Amoniacó gaseoso se disuelve en el agua presente en la piel y los ojos convirtiéndose en Hidróxido de Amonio, el que es fácilmente dissociado y causa necrosis de los tejidos. A causa de su alta solubilidad en agua, se puede difundir en capas de la piel más profundas y producir daño más crítico. Específicamente el Hidróxido de Amonio causa saponificación de los lípidos presentes en la membrana celular generando trastornos celulares y en circunstancias extremas, la muerte. En forma adicional, rompe las proteínas estructurales de la célula, extrae el agua presente en la célula e inicia una respuesta inflamatoria, que posteriormente compromete los tejidos cercanos <sup>(5)</sup>.

Para el caso del contacto con Amoniacó líquido (gas licuado), se generan quemaduras por frío además de las quemaduras de tipo alcalino antes descritas.

#### **4.5.3.3 INGESTIÓN**

Esta es una de las vías menos comunes de entrada de Amoniacó al organismo. La ingestión de Amoniacó y sus soluciones y sales en bajas cantidades (arriba de 35 ppm, que es el límite de percepción en el sentido del gusto) puede ocurrir por consumo de alimentos contaminados. Otra forma de acceso oral del Amoniacó consiste en la ingesta accidental o deliberada de soluciones de limpiadores domésticos o industriales de concentraciones de 5 a 10% <sup>(5,11)</sup>.

La ingestión de soluciones de Amoniacó (Hidróxido de Amonio) conduce a daños y quemaduras por corrosión en la boca, garganta y estómago. La ingestión de Amoniacó por lo general no conduce a envenenamiento del individuo pero puede causar la muerte dependiendo de la concentración y cantidad ingerida. En seguida de una ingestión de Amoniacó se puede sentir náusea, vómito y dolor abdominal. Si se sobrevive a los daños iniciales, puede existir la posibilidad de infección, cicatrices y otras complicaciones posteriores en periodos de días e incluso semanas <sup>(7,8)</sup>.

Cuando se consume Amoniacó en la comida o en el agua, éste entra al flujo sanguíneo y se difunde por el cuerpo en corto tiempo. El Amoniacó que ingresa de esta forma cambia rápidamente a otras sustancias que no poseen efectos adversos para el organismo. Aquel Amoniacó que no se transforma en esos compuestos, se elimina por la orina en cuestión de días <sup>(5,6)</sup>.

#### **4.5.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

La exposición crónica a bajas concentraciones de esta sustancia en el aire (<25 ppm) no ha mostrado tener influencia en las funciones pulmonares. Exposición prolongada (o crónicas) a concentraciones moderadas (25 - 100 ppm) influencia la generación de asma y bronquitis. Se pueden desarrollar en algunos irritaciones crónicas del tracto respiratorio y tos crónica. En los ojos se puede presentar irritación crónica de las membranas y en la piel puede causar dermatitis <sup>(6)</sup>.

Niveles tóxicos en el organismo no se desarrollan en exposiciones respiratorias crónicas porque el cuerpo posee mecanismos de descontaminación y eliminación que le permiten excretarlo.

#### **4.5.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

##### **4.5.3.5.1 Efectos Cardiovasculares <sup>(5)</sup>**

Exposición aguda a nieblas de Amoniacó de altas concentraciones (> 500 ppm) puede producir pulso elevado, aumento de la presión sanguínea, bradicardia y en algunos casos de exposición masiva se ha reportado falla cardiaca.

NH<sub>3</sub>

Amoniacó

#### **4.5.3.5.2 Efectos Gastrointestinales** <sup>(5)</sup>

Quemaduras y ulceraciones generadas por contacto en la boca, traquea y estomago son las afecciones mas comunes. También se ha reportado vomito en exposiciones agudas.

#### **4.5.3.5.3 Efectos Hematológicos** <sup>(5)</sup>

Se ha observado cianosis, numero elevado de glóbulos blancos y trombosis arterial en seres humanos expuestos a aerosoles de Amoniaco de altas concentraciones.

#### **4.5.3.5.4 Efectos Musculares** <sup>(5)</sup>

En ocasiones y para algunos individuos afectados se genera espasmo muscular a exposición de concentraciones elevadas de Amoniaco gaseoso.

#### **4.5.3.5.5 Efectos Hepáticos** <sup>(5)</sup>

Para casos de exposición letal a Amoniaco gaseoso (3000-4000 ppm) por un periodo de alrededor de una hora se puede presentar necrosis hemorrágica del hígado

#### **4.5.3.5.6 Efectos Renales** <sup>(5)</sup>

Se han reportado casos de nefritis hemorrágica y congestión renal luego de exposiciones agudas accidentales de aerosoles de Amoniaco. En algunos casos se ha reportado la muerte por falla renal a causa de ingestión de soluciones amoniacaes con fines domésticos.

#### **4.5.3.5.7 Efectos Endocrinos** <sup>(5)</sup>

En exposiciones crónicas de Amoniaco a niveles de concentración bajos se produce aumento en el contenido de hormonas como adrenalina excretadas en la orina. No obstante la significancia de estos efectos no esta clara.

#### **4.5.3.5.8 Efectos Inmunológicos** <sup>(5)</sup>

La exposición crónica a aerosoles de compuestos amoniacaes genera asma en muchos casos. La exposición crónica o aguda puede producir en algunos individuos la disminuci3n de la resistencia bacterial y de la respuesta inmune a la infecci3n por bacterias comunes del ambiente.

#### **4.5.3.5.9 Efectos Neurol3gicos** <sup>(5)</sup>

A causa del contacto con Amoniaco en concentraciones elevadas se puede presentar perdida de la conciencia, debilidad muscular y visi3n borrosa.

### **4.5.4 INFORMACI3N TOXICOL3GICA**

CL<sub>50</sub> (Inhalaci3n, ratas): 7600 mg/m<sup>3</sup>/2 horas

CL<sub>50</sub> (Inhalaci3n, gatos): 7050 mg/m<sup>3</sup>/1 hora

No se ha reportado que esta sustancia posea efectos adversos reproductivos, tampoco se reporta que esta sustancia posea efectos cancerigenos en seres humanos o en animales de laboratorio en exposiciones agudas o cr3nicas.

### **4.5.5 RESPUESTA A ACCIDENTES**

Toda persona que entre en contacto con un material qu3mico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino tambi3n debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una cat3strofe.

#### **4.5.5.1 PRIMEROS AUXILIOS**

La exposici3n aguda al Amoniaco puede requerir una descontaminaci3n de la v3ctima. Para casos de exposici3n aguda es necesario que la v3ctima luego de recibir los primeros auxilios sea remitida a un centro hospitalario para tratamiento posterior <sup>(11)</sup>.

#### 4.5.5.1.1 Exposición en Ojos

La persona se debe retirar del peligro lo más rápidamente posible. Los ojos se deben lavar inmediatamente con abundante agua durante por lo menos 15 minutos levantando ocasionalmente los párpados superior e inferior. Nunca se deben portar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento. La víctima siempre debe recibir atención médica <sup>(2,8,11)</sup>.

#### 4.5.5.1.2 Exposición en la Piel

La persona afectada se debe retirar del peligro de forma segura tanto para la víctima como para la persona que se encuentra prestando la asistencia. No se debe intentar neutralizar el Amoniaco, ya sea como gas o como solución, directamente sobre las ropas o el cuerpo de la víctima usando soluciones ácidas puesto que se puede generar excesiva liberación de calor. Si la exposición implica quemaduras por acción del frío o aún congelación de las ropas y/o parte del cuerpo de la víctima no se debe tratar de retirar la ropa de la víctima, en vez de ello, ésta se debe enjuagar con bastante agua. Para casos en los que la exposición incluye el contacto con soluciones de Amoniaco, la ropa contaminada se debe remover tan pronto como sea posible. Se deben lavar con abundante agua y jabón las partes expuestas de la piel. Si luego del lavado se encuentran quemaduras o irritaciones, la víctima debe recibir atención médica <sup>(2,8,11)</sup>.

#### 4.5.5.1.3 Inhalación

La víctima se debe ubicar rápidamente en lugares donde pueda tenerse acceso al aire fresco. Si la víctima no está respirando o está respirando con mucho esfuerzo y en el lugar de la emergencia existen medios para la administración de oxígeno de un respirador, este procedimiento se debe realizar hasta la llegada del personal de atención especializado. Si la víctima ha cesado de respirar se debe administrar respiración artificial. La víctima siempre debe recibir atención médica <sup>(2,8,11)</sup>.

#### 4.5.5.1.4 Ingestión

No se debe inducir el vómito a las víctimas que han ingerido esta sustancia. Tampoco se debe tratar de neutralizar con soluciones ácidas. Las víctimas deben ingerir abundante agua o leche, se recomienda que la cantidad de cualquiera de ellas sea como mínimo de 2 vasos; sólo se debe administrar agua o leche a las víctimas que se encuentren conscientes y alerta <sup>(2,8,11)</sup>.

#### 4.5.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

Para situaciones de emergencia, se deben usar máscaras antigas de presión positiva o de demanda de presión y que posean cubrimiento completo del rostro. Se debe usar también un traje totalmente hermético resistente al ataque químico fabricado en neopreno, caucho natural u otro material resistente e impermeable al Amoniaco <sup>(2,8,11)</sup>.

#### 4.5.5.2 INCENDIOS

Todos los tipos de agentes de extinción son aplicables al control de incendios de esta sustancia. Si existe incendio en los alrededores de un tanque de almacenamiento de Amoniaco, el tanque se debe mantener fresco rociando agua con las mangueras de emergencia <sup>(8)</sup>.

Para fuegos de tamaño pequeño es posible usar polvo químico seco o Dióxido de Carbono. Para fuegos grandes se debe usar agua rociada, espuma o niebla. Para el caso de contenedores de Amoniaco Anhidro, no se debe permitir que ingrese agua al recipiente a causa de la generación de calor. Siempre que la tarea pueda realizarse sin riesgo excesivo, se deben retirar los contenedores de Amoniaco de la exposición al fuego <sup>(2,14,11)</sup>.

NH<sub>3</sub>

Amoniaco

#### 4.5.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

Siempre que existan derrames o fugas de Amoníaco Anhidro se deben efectuar los siguientes pasos:

- Ventilar el área de fuga o derrame para dispersar el gases o vapores.
- Si la fuga es en forma gaseosa, primero tratar de parar el flujo de gas. Si la fuente de fuga es un cilindro y la fuga no se puede detener en el mismo lugar, mover el cilindro a un lugar seguro al aire abierto donde se repare la fuga o se deje vaciar el cilindro.
- Si el Amoníaco está en forma líquida (gas licuado), dejar que el derrame se evapore.

Si se derraman soluciones de Amoníaco, deben efectuarse los procedimientos siguientes:

- Recolección o confinamiento del material derramado por medio de cordones de adsorción u otro tipo de equipo que se use con el mismo fin.
- Si es posible, recuperación del material derramado.
- Dilución y/o neutralización y disposición en un relleno sanitario de seguridad.

Nunca se debe tratar de diluir el Amoníaco Anhidro directamente con agua debido al alto calor generado por la mezcla.

Personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben restringir de las áreas de fugas hasta que la limpieza se haya completado.

#### 4.5.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 25 ppm; 17 mg/m<sup>3</sup> (2001) <sup>(2, 5, 6, 13)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 50 ppm; 35 mg/m<sup>3</sup> (2002) <sup>(2, 5, 6, 13)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 50 ppm; 35 mg/m<sup>3</sup> (2002) <sup>(5)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 300 ppm; 200 mg/m<sup>3</sup> (2002) <sup>(5, 6)</sup>

**STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH):** 35 ppm; 24 mg/m<sup>3</sup> (2001) <sup>(5)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.5.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto con la piel de Amoníaco Anhidro o de soluciones acuosas que contengan Amoníaco. Las ropas de protección deben evitar también el contacto de la piel con recipientes que contengan Amoníaco Anhidro como líquido refrigerado.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a soluciones de Amoníaco con contenido de Amoníaco mayor o igual al 10% en peso o a Amoníaco Anhidro líquido, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa no impermeable que se contamine con soluciones de Amoníaco con contenido de Amoníaco mayor o igual al 10% en peso o con Amoníaco Anhidro líquido se debe remover inmediatamente y no se deben usar hasta que el Amoníaco se remueva por completo.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que soluciones de Amoníaco entren en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que soluciones de Amoníaco con contenido mayor o igual al 10% en peso o Amoníaco Anhidro líquido entren en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

#### 4.5.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 20. Protección respiratoria mínima para Amoniaco en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 5 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)
Concentración de gas de hasta 100 ppm	Cualquier respirador de cartucho químico con cartucho para amoniaco. Cualquier respirador con suministro de aire proveído externamente. Cualquier aparato de respiración.
Concentración de gas de hasta 300 ppm	Un respirador de cartucho químico con pieza facial completa y un cartucho para amoniaco.
Concentración de gas hasta 500 ppm	Una máscara de gases de tipo mentón o un cilindro para amoniaco frontal o trasero. Cualquier respirador de suministro aire con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa
Concentración de gas mayor de 500 ppm o concentraciones desconocidas	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier máscara de gases que provea protección contra amoniaco. Cualquier aparato de respiración autocontenido para evacuación.

Tomado de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Ammonia "(11)

#### 4.5.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con Amoniaco, los individuos se deben entrenar en su manejo y almacenamiento. Además deben estar entrenados en el uso del equipo de protección personal.

##### 4.5.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S9:** Consérvese el recipiente en un lugar bien ventilado

**S16:** Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas. No fumar

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico

**S36/37/39:** Úsense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta)

**S61:** Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.



Amoniaco

#### 4.5.8.2 ALMACENAMIENTO

Debe almacenarse en un lugar separado de materiales oxidantes, Ácidos, halógenos y en general de los materiales incompatibles con él mencionados en la sección de propiedades químicas. Debe mantenerse en un lugar fresco y con buena ventilación lejos de fuentes de calor y de la acción directa de los rayos solares. Los contenedores de Amoníaco se deben rotular adecuadamente. La zona de almacenamiento debe estar alejada del área de trabajo para minimizar posibles accidentes que se puedan presentar <sup>(8)</sup>.

#### 4.5.9 USOS, GENERACION Y CONTROLES <sup>(10)</sup>

**Tabla 21. Usos, generación y control de emisiones de Amoníaco**

Uso / Generación	Control
Usado en la síntesis orgánica e inorgánica de ácido nítrico, urea, plástico, fibras, resinas, farmacéuticos, pesticidas, explosivos, amidas, cianuros, aminas, pigmentos, retardantes de llama y limpiadores domésticos.	Ventilación local, equipos de protección personal
Usado en la minería y la metalurgia, tratamiento de chatarras, soldadura de hidrógeno.	Ventilación local, ventilación de dilución, equipos de protección personal
Usado en la refinación de petróleo como agente de neutralización, manufactura y recuperación de catalizadores de crackeo y en el desencerado de aceites lubricantes.	Ventilación local, ventilación de dilución, equipos de protección personal
Usado como refrigerante en instalaciones de alimentos, producción de hielo, almacenamiento en frío.	Ventilación local, ventilación de dilución, equipos de protección personal
Usado en el revelado de fotos y como reactivo de laboratorio.	Ventilación local, ventilación de dilución, equipos de protección personal

#### 4.5.10. COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

El Amoníaco es una sustancia de presencia común en el medio ambiente y se puede encontrar en el suelo, el agua y el aire. El Amoníaco se recicla de forma natural en el medio ambiente como uno de los pasos del ciclo del Nitrógeno. A causa de su reactividad, esta sustancia no dura mucho en su forma pura <sup>(4)</sup>.

El Amoníaco atmosférico puede sufrir cuatro tipos de reacciones <sup>(4,7)</sup>:

- Reacciones en fase acuosa: La oxidación del Oxido de Azufre acuoso en presencia de Amoníaco genera la formación de aerosoles de sulfato de Amonio atmosféricos. Este proceso se favorece por la presencia de alta humedad, altas concentraciones de Amoníaco y bajas temperaturas.
- Reacciones térmicas: incluyen La interacción de Amoníaco Anhidro con Dióxido de Azufre gaseoso para generar de nuevo aerosoles de sulfato de Amonio. Cuando la interacción se da con Ozono, se genera nitrato de Amonio en aerosol.
- Reacciones fotoquímicas: Se produce una degradación fotolítica y una reacción posterior con radicales hidroxilo (OH<sup>-</sup>) fotolíticamente generados en la troposfera.
- Reacciones heterogéneas: Se generan varios complejos de Amonio por la interacción de Amoníaco gaseoso con superficies que contienen Oxidos de Nitrógeno.

##### 4.5.10.1 SUELO

El suelo obtiene el Amoníaco a partir de fertilización natural o artificial, por excretas animales, descomposición de materia orgánica o por fijación a partir de la atmósfera. Las concentraciones normales en el suelo se encuentran entre 1 y 5 ppm. Estas concentraciones pueden ser mayores en suelos abonados con compuestos de Amoníaco empleados para fines agrícolas; la cantidad de Amoníaco en ese suelo disminuye a niveles bajos en el plazo de algunos días por causa de volatilización y de absorción por plantas y bacterias <sup>(5,7)</sup>.

Cuando se libera Amoniaco en el suelo, la transformación de este puede ocurrir por vía de plantas o de microorganismos. En el caso de los microorganismos, éstos desempeñan cuatro procesos en el ciclo del Nitrógeno que resultan en la transformación y producción de Amoniaco: fijación de Nitrógeno, nitrificación, denitrificación y amonificación<sup>(5,7)</sup>.

En la fijación de Nitrógeno, éste es convertido a Amoniaco. La denitrificación los Oxidos de Nitrógeno se reducen en condiciones anaerobias a Nitrógeno molecular ( $N_2$ ) y Oxido Nitroso ( $N_2O$ ). La nitrificación es la oxidación biológica de Nitrógeno amoniacal hasta nitrato. La amonificación es la conversión del Nitrógeno orgánico a Amoniaco. Las plantas toman al Amoniaco del suelo y lo asimilan como nutriente transformándolo en compuestos orgánicos nitrogenados. No obstante, concentraciones muy elevadas de Amoniaco en el suelo pueden llegar a convertirse en factores de toxicidad para las plantas, microorganismos y otras especies<sup>(5,7)</sup>.

#### 4.5.10.2 AIRE

Normalmente el Amoniaco esta presente en el aire en concentraciones que dependen del área de análisis. En zonas urbanas la concentración de Amoniaco puede estar entre 5 y 25  $mg/m^3$ ; en áreas rurales la concentración puede ir entre 2 y 6  $\mu g/m^3$ ; para zonas con alto uso de abonos la concentración puede ser tan grande como 200  $\mu g/m^3$ . Las concentraciones aumentan a causa de volatilización de Amoniaco del suelo o de fuentes de agua en áreas donde se aplica como fertilizante. Este fenómeno es más marcado en áreas de pH altos y temperaturas elevadas<sup>(7)</sup>.

El Amoniaco liberado en el aire en forma de vapores y gases reacciona con sustancias ácidas del ambiente (Acido sulfúrico, clorhídrico o Nítrico) para producir aerosoles amoniacales, los que pueden sufrir deposición por vía seca o vía húmeda. La deposición de Amoniaco por vía seca predomina en áreas de alto contenido de Amoniaco, mientras que la vía de deposición húmeda se da con más frecuencia para zonas con bajas concentraciones de Amoniaco. Además de las reacciones con sustancias ácidas, o, como paso intermedio en estas reacciones, el Amoniaco se lava del aire rápidamente con ayuda de las lluvias gracias a su alta compatibilidad en este solvente. Por causa de estos mecanismos de transformación del Amoniaco en el aire, su vida media puede ser de algunos días dependiendo si la zona de liberación es industrializada o si se trata de zonas rurales, la vida media puede durar algún tiempo más<sup>(5,7)</sup>.

#### 4.5.10.3 AGUA

El Amoniaco se puede liberar en el agua a través de efluentes de plantas industriales, derrames en líneas de agua y filtración en el suelo desde campos fertilizados con compuestos amoniacales. Los niveles de Amoniaco normales en el agua están alrededor de 6ppm pero de nuevo este valor puede variar dependiendo el lugar específico de medida; para el caso de campos altamente abonados la concentración puede llegar a 12 ppm<sup>(5,7)</sup>.

La transformación del Amoniaco en el agua ocurre por procesos microbiológicos de nitrificación y denitrificación, los cuales generan compuestos iónicos de Nitrógeno y a partir de ellos se regenera Nitrógeno elemental. La remoción de los compuestos iónicos anteriores puede darse por adsorción de la sustancia en sedimentos o material orgánico suspendido y por absorción hacia plantas acuáticas<sup>(5,7)</sup>.

#### 4.5.11 ECOTOXICIDAD

##### Toxicidad en Peces

Pez Dorado  $CL_{50}$ , 24 horas: 2  $mg/m^3$

Pez Lento de Agua Dulce  $CL_{50}$ , 96 horas: 8,2  $mg/l$

#### 4.5.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

Las soluciones de Amoniaco se pueden diluir con agua y posteriormente neutralizar con Acido clorhídrico y luego dirigir al sistema de alcantarillado previa revisión de la normatividad existente y pertinente. Cantidades limitadas de Amoniaco gaseoso se pueden liberar a la atmósfera. No es recomendable liberar grandes cantidades de Amoniaco Anhidro líquido o en solución directamente al agua a causa del gran calor de dilución generado y el grave impacto ambiental que esto representa. Esta generación de calor puede incrementar la exposición al personal involucrado en el proceso. Para muchas industrias es viable la recuperación de Amoniaco acuoso a partir de soluciones de desecho<sup>(5,8,11)</sup>.

$NH_3$

Amoniaco

#### 4.5.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman 's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 2; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989
2. Environmental Protection Agency (EPA). Ammonia Chemical Profile and Emergency First Aid Treatment Guide [en línea]. Octubre de 1985, revisado en noviembre de 1987 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en [http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical\\_Results?openview](http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical_Results?openview)
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado en enero de 2003 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>
4. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Statement for Ammonia [en línea]. Septiembre de 2002, actualizado en octubre de 2002 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs126.html>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Ammonia [en línea]. Septiembre de 2002, actualizado en octubre de 2002 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp126.html>
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Managing Hazardous Material Incidents, Ammonia [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado en marzo de 2003 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg126.pdf>
7. Organización Mundial de la Salud (OMS). Environmental Health Criteria 54, Ammonia [en línea]. 1986 [citado abril 29 de 2003]. Disponible <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc54.htm>
8. Organización Internacional del Trabajo (OIT). International Chemical Safety Cards, Ammonia (Anhydrous) [en línea]. Octubre de 1991, actualizado Octubre de 2000 [citado abril 29 de 2003]. Disponible [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc04/icsc0414.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc04/icsc0414.htm)
9. Organización Internacional del Trabajo (OIT). Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado abril de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
10. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Chemical Sampling Information, Safety and Health Topics: Ammonia [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado Mayo de 2003 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_218300.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_218300.html)
11. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Occupational Safety and Health Guideline for Ammonia [en línea]. 1978, revisado en 1992 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0028-rev.pdf>
12. Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS Substances, Ammonia [en línea]. Enero de 1991, actualizado marzo de 2003 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0422.htm>

## 4.6

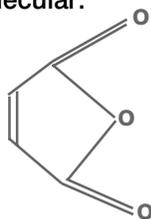
# Anhídrido maléico

- 4.6.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.6.1.1 SINONIMOS
  - 4.6.1.2 DESCRIPCION
  - 4.6.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.6.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.6.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.6.1.5.1 Reacciones del Grupo Carbonilo
    - 4.6.1.5.2 Reacciones de los Dobles Enlaces
    - 4.6.1.5.3 Incompatibilidades
- 4.6.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.6.2.1 PRODUCCION
    - 4.6.2.1.1 Oxidación del Benceno
    - 4.6.2.1.2 Oxidación de Hidrocarburos Tetracarbonados
  - 4.6.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.6.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.6.3.1 INHALACION
  - 4.6.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.6.3.3 INGESTION
  - 4.6.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.6.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.6.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
  - 4.6.4.1 CANCER
  - 4.6.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS Y DEL DESARROLLO
  - 4.6.4.3 EFECTOS GENOTOXICOS
- 4.6.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.6.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.6.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.6.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.6.5.1.3 Inhalación
    - 4.6.5.1.4 Ingestión
    - 4.6.5.1.5 Rescate
  - 4.6.5.2 INCENDIOS
  - 4.6.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

- 4.6.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
  
- 4.6.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.6.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
  
- 4.6.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.6.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.6.8.2 ALMACENAMIENTO
  
- 4.6.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.6.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.6.10.1 SUELO
  - 4.6.10.2 AIRE
  - 4.6.10.3 AGUA
  
- 4.6.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.6.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION
  
- 4.6.13 BIBLIOGRAFÍA

**4.6.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA** <sup>(1,7)</sup>Fórmula Molecular: C<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Estructura Molecular:



CAS: 108-31-6

Número UN: 2215

Clase de Riesgo Principal UN: 8

**4.6.1.1 SINÓNIMOS** <sup>(6)</sup>

cis-Anhídrido butanodíico; 2,5-Furandiona; Anhídrido Tóxico; Anhídrido Butanodíico, Acido Maléico Anhidro.

**4.6.1.2 DESCRIPCIÓN**

En su forma pura, el Anhídrido Maléico es un sólido cristalino incoloro o blanco de olor acre, irritante y muy corrosivo. En solución con Agua es un Acido fuerte que reacciona de forma violenta con bases y oxidantes fuertes <sup>(5)</sup>.

**4.6.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES**

Esta sustancia se comercializa en forma de sólidos cristalinos con una pureza de 99.50% <sup>(4)</sup>.

**4.6.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS** <sup>(1, 2, 5, 6, 8, 10)</sup>

Tabla 22. Propiedades físicas para el Anhídrido Maléico

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	98,1
Estado Físico	Sólido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	202
Punto de Fusión (°C)	52,85
Presión de Vapor (mmHg)	1; 44°C 135.8; 100°C
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,43
Densidad del Vapor (Aire = 1)	3,38
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	No Reportado
Solubilidad en Agua (g/ml)	Soluble, Reacciona formando ácido maléico
Límites de Inflamabilidad (% vol)	1,4 –7,1
Temperatura de Auto ignición (°C)	475
Punto de Inflamación (°C)	102
pH	No reportado

**4.6.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS** <sup>(1)</sup>

Este material se considera estable. Sin embargo, debe mantenerse alejado de la humedad, el calor o la llama. Reacciona con Agua para formar el Acido Maléico. A bajas temperaturas, con la adición de alcoholes, permite la

formación de semiésteres; mientras que a elevada temperatura con presencia de catalizadores de esterificación, se elimina Agua produciendo diésteres. La adición de amoníaco o aminas al Anhídrido Maléico genera las semiaminas correspondientes; las cuales pueden ser convertidas en imidas cíclicas por medio de la eliminación del Agua de la reacción.

La alta reactividad del Anhídrido Maléico se debe a la presencia del doble enlace en la estructura. La adición de sustancias halógenas permite la formación de anhídridos maléicos succínicos mono o di halogenados, dependiendo de las condiciones de reacción. La hidrogenación produce Anhídrido succínico, 1,4-butanodiol, tetrahidrofurano o butirolactona, dependiendo de las condiciones de reacción.

Por la adición de olefinas se forman anhídridos alquenosuccínicos. El Anhídrido Maléico es utilizado para reacciones de homo polimerización y copolimerización <sup>(1)</sup>.

#### **4.6.1.5.1 Reacciones con el Grupo Carbonilo <sup>(2)</sup>**

FORMACIÓN DE CLORURO ACIDO: Por medio del calentamiento del Anhídrido Maléico con penta Cloruro de fósforo o Cloruro de tionilo en presencia de hierro produce diclorolactona isomérica denominada a menudo como Cloruro Maléico.

- REACCIÓN DE ESTERIFICACIÓN: Por medio del calentamiento de alcohol y Anhídrido Maléico en presencia del Acido sulfúrico son producidos el mono y dialquil maleatos, Éstos son preparados por la reacción del Anhídrido Maléico con Fenoles en presencia de pentóxido de fósforo o Acido polifosfórico.
- REACCIÓN DE AMIDACIÓN: Produce un polímero blanco y Dióxido de Carbono cuando es calentado con aminas ternarias o álcali. Una vez es iniciada la reacción la descarboxilación es autocatalizada con la producción de una explosión.
- REACCIONES DE ACILACION: Reacciona con hidrocarburos aromáticos en la presencia de Acidos fuertes para producir Acido  $\beta$ -aroilacrilico; sin embargo mejores productos son obtenidos con solventes donde el Anhídrido Maléico es totalmente soluble.
- REACCIONES DE GRIGNARD Y RELACIONADAS: Consiste en una reacción de adición nucleofílica de agentes organometálicos con los grupos carbonilo del Anhídrido Maléico.

#### **4.6.1.5.2 Reacciones de los Dobles Enlaces**

- REACCIONES NUCLEOFÍLICAS: Debido a la capacidad de remoción de electrones del grupo carbonilo en el Anhídrido Maléico; el Carbono  $\beta$  es altamente susceptible al ataque de agentes nucleofílicos. Gracias a éste comportamiento, aductos de Tioles pueden ser obtenidos por medio del Anhídrido Maléico. Sustancias como Fosfatos y Fosfitos pueden actuar como agentes nucleofílicos con el Anhídrido Maléico para la producción de aductos estables.
- REACCIONES ELECTROFÍLICAS: Muchos agentes electrofílicos pueden atacar el enlace doble de la molécula del Anhídrido Maléico, como por ejemplo las reacciones de adición con el Agua, Halógenos Acidos, hidrocarburos aromáticos, Fenoles y trióxidos de Azufre; para la producción de variados productos como los glioxalatos.
- REACCIONES DE RADICALES LIBRES: La adición de Peróxido catalizado con alquilbencenos al Anhídrido Maléico produce anhídridos aralquilsuccínicos.

El Anhídrido Maléico puede ser homo polimerizado por medio de radiaciones gamma, iniciadores de radicales libres o radiaciones ultravioleta. La reacción por radicales libres del Anhídrido Maléico a diferentes olefinas ha generado una variada serie de polímeros de diferentes propiedades.

- ISOMERIZACIÓN: El Anhídrido Maléico es isomerizado a los isómeros trans por medio de diferentes métodos físicos y químicos.
- REACCIONES COOPERATIVAS NO POLARES: Adiciones - 1,4. Denominadas reacciones ene, puede producir una cicloadición a través de un estado de alta restricción cíclica.
- REACCIONES FOTOQUÍMICAS: Por medio de éstas pueden ocurrir reacciones de cicloadición con la unión de cuatro anillos; es decir, en productos como los derivados del ciclobutano. Cuando la sustancia es activada por la aparición de la luz; produciéndose una carga de transferencia entre el Anhídrido y el hidrocarburo.
- REACCIONES DE REDUCCIÓN: La reducción del Anhídrido Maléico es llevada a cabo por medio de métodos químicos y catalíticos. La Dimida preparada por la oxidación de hidracina con aire o Peróxido son los componentes más convenientes para la reacción de reducción del Anhídrido Maléico.

#### 4.6.1.5.3 Incompatibilidades

El Anhídrido Maléico es un producto estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento; aunque se sublima fácilmente y reacciona con la humedad. Cuando esto ocurre se descompone lentamente formando Acido Maléico, que es un Acido fuerte aún disuelto en Agua; por lo tanto se debe mantener el envase que lo contiene bien cerrado para prevenir la absorción de humedad. El contacto con aminas, bases y Acidos fuertes y con metales en polvo puede generar reacciones violentas con gran liberación de calor. Reacciona de forma violenta ante agentes extintores en polvo <sup>(4, 5, 8, 10)</sup>.

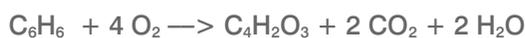
### 4.6.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

#### 4.6.2.1 PRODUCCIÓN <sup>(1,2)</sup>

En la industria el Anhídrido Maléico se produce por medio de una oxidación catalítica de hidrocarburos en fase gaseosa. Uno de los materiales de mayor utilización para tal fin es el benceno, sin embargo recientemente el uso de sustancias como hidrocarburos de cuatro carbonos ha tomado mayor importancia.

##### 4.6.2.1.1 Oxidación del Benceno

El proceso general para la producción de Anhídrido Maléico se inicia con la adición del benceno a una corriente de aire precalentado para llevar a cabo la homogenización de la mezcla. La reacción se lleva a cabo en un reactor de tubos paralelos en presencia de catalizador (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> o MoO<sub>3</sub>), la presión del sistema se ajusta entre 0.15 y 0.25 Mpa y a una temperatura entre 300 y 400°C. La condiciones de reacción, temperatura, presión y pureza de las materias primas son requeridas para el mantenimiento de la reacción deseada:



Una considerable cantidad de calor se produce durante la reacción (27MJ); el cual se retira por medio de sales eutécticas que circulan alrededor del reactor. Solamente una parte del vapor obtenido puede ser utilizado en la producción al Anhídrido Maléico, siendo el vapor en exceso utilizado en otras operaciones.

En una conversión típica de 100 moles de benceno, 73 moles son oxidadas para la producción de Anhídrido Maléico; el remanente molar se quema durante la operación. El efluente de la reacción contiene sustancias gaseosas como: Anhídrido Maléico, Acido Maléico, Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono y Agua.

### Proceso de separación del Anhídrido Maléico del crudo

Luego de la salida del reactor, la corriente de gases se enfría hasta un intervalo de temperatura de 150 a 160°C para evitar la condensación del Agua y del Anhídrido Maléico.

- **CONDENSACIÓN PARCIAL:** Para la separación de los componentes de la mezcla de gases se puede realizar una condensación parcial donde la mezcla se lleva a 55°C y se introduce a torres de destilación parcial, donde se condensa, separa y recoge el Anhídrido Maléico. Por este procedimiento se puede separar del 40 al 60% del Anhídrido Maléico, la cantidad remanente se lavada con Agua para generar el Acido Maléico.
- **SEPARACIÓN POR CONTACTO CON AGUA:** Consiste en la separación del Acido Maléico por medio del contacto y la reacción con el Agua para formar una solución que posteriormente es deshidratada para la obtención del Anhídrido Maléico. Éste tipo de proceso se lleva a cabo para operaciones que tienen un alto contenido de Agua, como aquellas en las que participan hidrocarburos de cuatro carbonos.
- **DESHIDRATACIÓN DE SOLUCIONES ACUOSAS DE ACIDO MALÉICO.**  
Cuando la mezcla de gases a la salida del reactor se ha lavado con Agua, la solución formada se puede deshidratar hasta la obtención del Anhídrido Maléico. La temperatura para de la solución para tal efecto se debe mantener arriba de 100°C.
- **METODO POR EXTRACCIÓN:** Por medio de éste método, la solución acuosa de Acido Maléico se alimenta a una columna de destilación en cuyo fondo se encuentra Anhídrido Maléico en ebullición (también se pueden ser utilizar hidrocarburos aromáticos). Las sustancias del fondo llegan hasta la cima donde junto con el Agua forman una mezcla azeotrópica que sale de la columna. Ha éste efluente se le hace una separación posterior y la parte orgánica se reintroducida a la columna. Los productos del fondo de la torre tienen un contenido entre el 10 y el 40 % de Anhídrido Maléico, y Acido Maléico entre el 1 y el 3%.
- **PROCESO TÉRMICO SIN AGENTE DE SEPARACIÓN:** Consiste en el paso de la solución de Acido Maléico a través de un evaporador delgado, donde el Agua se separa como vapor a temperaturas entre los 120 y 150°C. El Anhídrido Maléico remanente parcialmente condensado es destilado para completar el proceso de purificación del mismo.

#### 4.6.2.1.2 Oxidación de Hidrocarburos Tetracarbonados

La producción de Anhídrido Maléico se puede llevar a cabo a partir de materias primas mezcladas como el n-butano, n-butano-n-butenos con un alto contenido parafínico. Para la oxidación de éstos hidrocarburos se pueden utilizar los métodos de lecho fijo, lecho fluidizado y lecho de transporte.

- **PROCESO DE LECHO FIJO:** En éste proceso, el catalizador de vanadio se introduce en el reactor tubular. La concentración de hidrocarburos en el gas alimentado al reactor está exactamente por debajo del límite de explosión de 1.8% mol. El efecto del catalizador de Vanadio se puede reflejar en la reducción del calor de reacción en 600KJ. Debido al incremento en la formación de Agua en el proceso, la productividad del proceso hacia la obtención del Anhídrido Maléico disminuye considerablemente. De igual manera los requerimientos energéticos son mayores para realizar la separación del producto en cuestión.
- En general para la separación del Anhídrido Maléico se utiliza un proceso de absorción con solventes orgánicos. Cerca del 98% del Anhídrido se separa de la corriente de salida del reactor, y una etapa posterior de destilación fraccionada permite la separación de los solventes.
- **PROCESO DE LECHO FLUIDIZADO:** En el proceso de lecho fluidizado se presenta un perfil de temperaturas uniforme, lo cual mejora la selectividad de la reacción. Sin embargo están presentes dificultades como el estrés mecánico sobre el catalizador, la abrasión y la erosión de la superficie de intercambio de calor. Otro

efecto positivo del uso de lecho fluido es el manejo de altas concentraciones de hidrocarburo cargado en comparación con los sistemas de lecho fijo.

- PROCESO DE LECHO DE TRANSPORTE: El proceso de reacción de lecho de transporte requiere dos reactores. El primero utiliza catalizador para la oxidación del hidrocarburo, que se regenera por la acción del oxígeno atmosférico. El catalizador regenerado se separa del oxígeno contenido en el gas. Posteriormente se pasa al segundo reactor donde ocurre la conversión a Anhídrido Maléico por reacción con oxígeno proveniente del primer reactor.

#### 4.6.2.2 APLICACIONES Y USOS <sup>(1,2)</sup>

Muchas sustancias químicas comerciales se pueden obtener a partir del Anhídrido Maléico como: Acido fumárico, Acido succínico, Acido aspártico y el Acido tartárico. El Acido sulfocínico producido a partir del Anhídrido Maléico es utilizado para la producción de agentes humectantes. Muchos de los derivados del Anhídrido Maléico tienen importancia en la industria farmacéutica, textiles, químicos para fotografía, agentes de actividad superficial, agentes de bronceado y aditivos del petróleo.

Como consecuencia de las propiedades de reactividad dadas por los dobles enlaces del anillo, el Anhídrido Maléico se puede utilizar para en reacciones de policondensación y poliadición. La mayor aplicación del Anhídrido Maléico es la producción de resinas por medio de la reacción de esterificación. La reacción de poliadición permite la generación de moléculas tridimensionales que participan en la generación de resinas de alta resistencia. Comercialmente los productos más relevantes obtenidos a partir del Anhídrido Maléico son las resinas de poliéster y alquílicas, lacas, plastificantes, copolímeros y lubricantes.

Las resinas de poliéster son utilizadas con fibra de vidrio, y otros materiales de refuerzo para producir gran cantidad de piezas moldeadas rígidas. Éstas piezas son utilizadas en partes para vehículos, paneles para construcción, botes, tanques de almacenamiento para sustancias químicas, tuberías de bajo peso, domos de radares y tinas para baño.

El Anhídrido tetrahidofáltico es formado a partir de Anhídrido Maléico y butadieno; es utilizado como agente anhidro de curado para las resinas epóxicas.

Se utiliza en la producción de pesticidas e inhibidores de crecimiento. Cuando cantidades de Anhídrido Maléico son adicionadas a aceites secantes, el Anhídrido reduce el tiempo de curado y mejora las propiedades de las lacas.

#### 4.6.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### Frases de Riesgo <sup>(9)</sup>

**R22:** Nocivo por ingestión

**R36/37/38:** Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias

**R42:** Posibilidad de sensibilización por inhalación

El Anhídrido Maléico es irritante de la piel, ojos y la membrana mucosa que cubre la parte superior del aparato respiratorio. Una inhalación leve puede causar dolores de cabeza severos, sangrado por la nariz, náusea y una visión doble.

Al contacto con la piel produce dolor e irritación; especialmente si la piel está húmeda, debido a la hidrólisis al Anhídrido Maléico a Acido Maléico en presencia de la humedad. El Anhídrido Maléico puede causar dermatitis caracterizada por la formación de pequeñas ampollas.

Es muy irritante para los ojos y puede causar conjuntivitis y opacidad de la córnea si no se remueve rápidamente. La ingestión puede causar la muerte o daños severos permanentes aún con pequeñas cantidades <sup>(2)</sup>.

#### 4.6.3.1 INHALACIÓN

Los problemas por inhalación del Anhídrido Maléico se pueden dar por dos formas de estado del producto: por medio de la inhalación de Anhídrido Maléico en pequeñas partículas de polvo o por medio de la inhalación de los gases producidos durante su evaporación. Cuando el Anhídrido Maléico ha sido inhalado como polvo, puede producir irritación severa de la nariz y garganta, tos, estornudos y quemaduras de la garganta. Puede causar en ocasiones reacciones respiratorias alérgicas. Cuando la exposición al polvo es repetida, puede causar bronquitis crónica del tipo asmático <sup>(5,4)</sup>.

Los vapores de Anhídrido Maléico producen una rápida contaminación del aire por medio de la evaporación de la sustancia a 20°C. Cuando se inhalan vapores de esta sustancia, se puede producir la sensación de quemaduras, irritación de la nariz, garganta y pulmones, tos, dolor de cabeza, dificultad para respirar, náusea, respiración corta y dolor de garganta. La inhalación directa de los vapores durante exposiciones prolongadas o repetidas, puede causar en los pulmones lesiones serias generando en ocasiones asma en personas susceptibles o reacciones alérgicas; a concentraciones de 6 a 8 mg/m<sup>3</sup> las personas no acostumbradas a manejar el Anhídrido Maléico pueden sufrir irritación nasal en menos de un minuto <sup>(4, 8, 10)</sup>.

#### 4.6.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS

El contacto con la piel es corrosivo. Puede no causar quemaduras inmediatas de la piel, pero el contacto prolongado con la piel húmeda causa enrojecimiento; la generación de eritemas que pueden progresar a vesiculaciones, irritación severa de la piel, ampollas o quemaduras, hinchazón o reacciones alérgicas <sup>(4, 5, 10)</sup>.

Cuando el contacto del Anhídrido Maléico con la piel es prolongado; puede causar reacción alérgica, alteraciones de la piel, dermatitis o sensibilización <sup>(4, 5, 6, 8)</sup>.

Cuando se produce el contacto del Anhídrido Maléico con los ojos, produce dolor, irritación, acompañado de una sensibilidad a la luz y doble visión. Una exposición en los ojos dentro de una concentración de de 6 a 8 mg/m<sup>3</sup> hace que las personas no acostumbradas a manejar esta sustancia puedan sufrir irritación en los ojos luego de 15 a 20 minutos; sin embargo han sido reportados niveles de irritación de los ojos en concentraciones de Anhídrido Maléico de 1 mg/m<sup>3</sup> <sup>(10)</sup>.

En casos de mayor exposición con el polvo o vapor, se producen quemaduras o irritación ocular con hinchazón, conjuntivitis, fotofobia y quemaduras de la cornea, posible lesión permanente y ceguera <sup>(5, 6)</sup>.

#### 4.6.3.3 INGESTIÓN

A nivel del tracto intestinal, el Anhídrido Maléico es considerado como tóxico. La ingestión puede producir dolor de garganta, dolor abdominal, vómito y quemaduras del tracto digestivo. La presencia de Anhídrido Maléico dentro del sistema digestivo puede producir también dolor abdominal con sensación de ardor interno, sed, debilidad, diarrea, náusea y finalmente colapso <sup>(3, 4, 5, 8)</sup>.

#### 4.6.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

Las principales consecuencias de exposición crónica están encaminadas al daño del sistema respiratorio y de la piel. Exposiciones crónicas pueden producir a nivel respiratorio problemas como el asma, bronquitis crónica y reacciones alérgicas <sup>(4, 8, 10)</sup>.

La exposición excesiva prolongada o repetida, puede ser muy perjudicial para los ojos, produciendo conjuntivitis, fotofobia, quemaduras a la córnea y en ciertos casos ceguera. <sup>(5, 6)</sup>

#### 4.6.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

##### 4.6.3.5.1 Efectos Cardiovasculares

No hay evidencia que permita concluir que el Anhídrido Maléico cause efectos adversos en el sistema cardiovascular tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### 4.6.3.5.2 Efectos Hematológicos

No hay evidencia que permita concluir que el Anhídrido Maléico cause efectos adversos en la sangre tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### 4.6.3.5.3 Efectos Musculares

No se encontraron estudios referidos a los efectos musculares de la exposición, ingestión o contacto con Anhídrido Maléico.

#### 4.6.3.5.4 Efectos Hepáticos

No hay evidencia que permita concluir que el Anhídrido Maléico cause efectos adversos en el hígado tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### 4.6.3.5.5 Efectos Renales

Según estudios de reproducción realizadas por la EPA en el año de 1982; se presentaron múltiples lesiones renales en ratas de una primera generación que fueron alimentadas con maíz contaminado en concentraciones de 150 mg/kg/día de Anhídrido Maléico. La dosis mínima sobre la cual se producen lesiones en los riñones de las ratas es de 20 mg/kg/día<sup>(6)</sup>.

#### 4.6.3.5.6 Efectos Endocrinos

No hay evidencia que permita concluir que el Anhídrido Maléico cause efectos adversos en glándulas tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### 4.6.3.5.7 Efectos Inmunológicos

No hay evidencia que permita concluir que el Anhídrido Maléico cause efectos adversos en el sistema inmunológico tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### 4.6.3.5.8 Efectos Neurológicos

Se reporta dolor de cabeza en personas expuestas accidentalmente a nieblas de Anhídrido Maléico<sup>(2)</sup>.

### 4.6.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL<sub>50</sub> (oral, ratas): 400 mg/Kg<sup>(3)</sup>

DL<sub>50</sub> (piel, conejos): 2620 mg/Kg.<sup>(3)</sup>

#### 4.6.4.1 CANCER

La exposición, ingestión y otros métodos de contacto han sido investigados para verificar si poseen efectos cancerígenos y mutagénicos. Los estudios no encontraron ningún resultado positivo para pruebas carcinógenas<sup>(3)</sup>.

#### 4.6.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS Y DEL DESARROLLO

Un estudio reproductivo realizado por la EPA en el año de 1979 en ratas permitió concluir que a concentraciones de 140 mg/kg\*día durante 6-15 días de gestación se presentan efectos reproductivos positivos<sup>(6)</sup>.

#### 4.6.4.3 EFECTOS GENOTOXICOS

Según estudios de reproducción realizados por la EPA en el año de 1982 en donde se utilizaron ratas de laboratorio; machos y hembras que fueron alimentados con maíz contaminado en concentraciones de 0, 20, 55, o 150 mg/kg/día de Anhídrido Maléico, se presentaron lesiones renales. De otro lado, las ratas de una segunda generación presentaron múltiples lesiones renales. Los animales provenían de una primera generación alimentada con maíz contaminado con Anhídrido Maléico en concentración de 150 mg/kg\*día.<sup>(6)</sup>

## **4.6.5 RESPUESTA A ACCIDENTES**

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

### **4.6.5.1 PRIMEROS AUXILIOS**

La exposición aguda al Anhídrido Maléico puede requerir una descontaminación de la víctima. Para casos de exposición aguda es necesario que la víctima luego de recibir los primeros auxilios sea remitida a un centro hospitalario para tratamiento posterior.

Dependiendo del grado de exposición, se debe llevar a cabo una revisión médica periódica. Luego de un accidente y la aplicación de los primeros auxilios, debe mantenerse el reposo y la observación médica periódica. Las personas que presentan síntomas de asma, deben ser alejadas del contacto con el Anhídrido Maléico<sup>(8)</sup>.

#### **4.6.5.1.1 Exposición en Ojos**

La persona se debe retirar del peligro lo más rápidamente posible. Los ojos se deben lavar inmediatamente con abundante Agua durante por lo menos 15 minutos levantando ocasionalmente los párpados superior e inferior para evitar acumulación de la sustancia en estas áreas. Nunca se deben portar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento. La víctima siempre debe recibir atención médica<sup>(3, 4, 8, 10)</sup>.

#### **4.6.5.1.2 Exposición en la Piel**

La persona afectada se debe retirar del peligro de forma segura tanto para la víctima como para la persona que se encuentra prestando la asistencia. En caso de contacto, lave la piel inmediatamente con jabón y Agua abundantes por lo menos 15 minutos, mientras se quita la ropa y zapatos contaminados, finalmente debe lavarse de nuevo la piel.

Cuando el Anhídrido Maléico logre penetrar a través de la ropa, ésta se debe retirar de inmediato y debe ser lavada completamente y concienzudamente antes de volverla a usar; mientras que prendas como zapatos, cinturones y otros artículos de cuero contaminados deben ser desechados. Una vez se hayan administrado los procedimientos de primeros auxilios, la persona afectada se debe remitir a evaluación médica<sup>(3, 4, 8, 10)</sup>.

#### **4.6.5.1.3 Inhalación**

La víctima se debe ubicar rápidamente en lugares donde se pueda tener acceso al aire fresco. Ubicar a la persona boca arriba con la cabeza inclinada de 90° hacia la derecha o a la izquierda. El personal de atención de primeros auxilios debe evitar verse involucrado en el contacto con la sustancia cuando se lleve a cabo el procedimiento de primeros auxilios. Si la víctima ha cesado de respirar se debe administrar respiración artificial, si la persona respira con dificultad, se debe administrar oxígeno desde una máscara de respiración. La persona afectada se debe mantener caliente y en reposo. La víctima siempre debe recibir atención médica inmediata<sup>(3, 4, 8, 10)</sup>.

#### **4.6.5.1.4 Ingestión**

No es una buena práctica inducir el vómito en las víctimas que hayan ingerido soluciones de Anhídrido Maléico ya que este procedimiento puede conllevar al aumento en las quemaduras del tracto digestivo superior. En el caso en que el vomito ocurra espontáneamente, se deben mantener libres las vías respiratorias. Nunca se debe administrar ningún líquido o alimento por vía oral a una persona inconsciente. El mejor procedimiento de primeros auxilios que se puede administrar en el caso en el que la víctima este conciente consiste en la dilución de los contenidos estomacales con vasos de Agua o leche<sup>(3, 4, 8)</sup>.

**4.6.5.1.5 Rescate** <sup>(4,10)</sup>

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

Para situaciones de emergencia, se deben usar un respirador-purificador de aire de pieza facial completa equipado con cartuchos para vapores orgánicos y filtros para polvo y neblina. Durante las operaciones de limpieza, se debe quitar inmediatamente toda la ropa contaminada.

**4.6.5.2 INCENDIOS** <sup>(4,5)</sup>

El polvo de Anhídrido Maléico en suficiente concentración, puede formar mezclas explosivas con el aire, con la emisión de gases tóxicos como hidrocarburos y óxidos de Carbono. En caso de incendio, se deben utilizar agentes de extinción como; espuma, Anhídrido Carbónico o bióxido de Carbono. Por ningún motivo se debe usar Agua o polvo químico seco debido al potencial de explosión resultante de la reactividad del Anhídrido con estos medios de extinción. Durante la operación de extinción se debe utilizar equipo de respiración autónomo en demanda presión u otro modo de presión positiva y equipo de protección completo. El área afectada se debe evacuar de todo personal que no sea el de emergencias. Los contenedores de esta sustancia se deben trasladar rápidamente fuera de la zona del fuego. Si el moverlos es imposible o muy riesgoso, se deben enfriar con chorros de Agua.

**4.6.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS** <sup>(4,5,6,10)</sup>

En caso de derrame se debe evacuar el área afectada y de ser posible ventilar la zona afectada. Se deben eliminar todas las posibles fuentes de ignición. Si el derrame implica Anhídrido Maléico en estado sólido, se debe evitar la generación de polvo. El material derramado se debe transferir a envases herméticos para su recuperación o desecho. Es muy importante mantener los derrames y limpiezas de derrames alejados del alcantarillado municipal y de cuerpos de Agua. Los derrames se deben atender utilizando herramientas y equipos que no produzcan chispas.

Si se derraman pequeñas cantidades de Anhídrido Maléico, se deben recoger con un trozo de papel u otro material absorbente, que después se debe ubicar en un contenedor hermético y sin peligro de contacto con fuentes de ignición como cigarrillos o quemar en un lugar seguro. Cuando se derraman grandes cantidades de Anhídrido Maléico se deben recoger con arena o tierra, ambas secas, para luego proceder a su quema en un horno de combustión previa mezcla con una sustancia combustible.

**4.6.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL**

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 0,25 ppm; 1 mg/m<sup>3</sup> (1997) <sup>(6,8)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 0,25 ppm, 1 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(6)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permissible de Exposición).

**4.6.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL** <sup>(4,5,10)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropa protectora impermeable, guantes de neopreno, caretas que cubran todo el rostro y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto de la piel con Anhídrido Maléico.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Anhídrido Maléico, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa impregnada de Anhídrido Maléico debe ser removida rápidamente y lavada antes de su uso o en caso contrario desechada.
- Los materiales como ropa que han sido contaminados con Anhídrido Maléico deben ser llevados a

contenedores hasta ser lavados para liberarlos del contenido de la sustancia. Ésta operación debe llevarse a cabo por una persona que conozca completamente los cuidados que se deben tener con el Anhídrido Maléico.

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que el Anhídrido Maléico sólido o en solución entre en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que Anhídrido Maléico sólido o soluciones de él entren en contacto con los ojos de los empleados se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.
- Las instalaciones que regularmente están trabajando con Anhídrido Maléico, deben hacer uso de un extractor de ventilación local con una velocidad de captura de 150 RPM en el punto de desprendimiento de vapores o polvos.

#### 4.6.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Dentro del área de trabajo debe existir un programa de protección respiratoria que llene los requisitos de seguridad y mantenga una constante observación cuando las condiciones en el lugar de trabajo justifiquen el uso de un respirador.

Cuando los niveles de exposición con el Anhídrido Maléico superan hasta 10 veces los límites TWA/TLV debe utilizarse un respirador-purificador de aire de pieza facial completa. Cuando se superan hasta 100 veces los límites TWA/TLV debe utilizarse un aparato de respiración autónoma, en el modo de presión positiva, o un respirador de pieza facial completa, con línea de aire en el modo de presión positiva con provisión para escape de emergencia. Los respiradores-purificadores de aire deben estar equipados con filtros para polvo y neblinas<sup>(4, 5)</sup>

**Tabla 23. Protección respiratoria mínima para el Anhídrido Maléico en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 5 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)
Concentración de hasta 50 mg/m <sup>3</sup>	Una máscara de gases de tipo mentón o cilindro para gases ácidos frontal o trasero con un filtro de partículas de alta eficiencia. Un respirador con filtro de partículas de alta eficiencia con pieza facial completa. Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa, casco o capucha. Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa.
Concentración de hasta 100 mg/m <sup>3</sup>	Un respirador con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva, yelmo o capucha operada en modo de flujo continuo.
Concentración de más de 100 ppm o concentraciones desconocidas	Aparatos de respiración autocontenido con pieza facial completa operados en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Una máscara de gases de tipo mentón o un cilindro para gases ácidos frontal o trasero con filtro de partículas de alta eficiencia. Cualquier aparato de evacuación de respiración autocontenido.

Tomada de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Maleic Anhydride" (10)

#### 4.6.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con Anhídrido Maléico, las personas involucradas se deben entrenar en su manejo y almacenamiento. Además deben estar entrenados en el uso del equipo de protección personal. Debe existir un programa completo en el manejo de respiradores, los peligros y exposiciones de su mal manejo o de la ausencia del aparato.

Se recomienda un sistema de escape local o general para las exposiciones de empleados debajo de los límites de exposición. En general, se prefiere la ventilación de extractor local debido a que puede controlar las emisiones del contaminante en su fuente, impidiendo dispersión del mismo al lugar general de trabajo.

Para mayor seguridad en el manejo, debe evitarse la formación de polvo y controlar las fuentes de ignición. Se debe aplicar el manejo de las normas de conexión a tierra, de desfogue y de seguridad contra explosiones de acuerdo con las prácticas aceptadas de ingeniería en cualquier proceso capaz de generar polvo y electricidad estática. El vaciado del contenido del recipiente de Anhídrido Maléico debe llevarse a cabo en una atmósfera inerte o no inflamable; de lo contrario pueden estar presentes vapores o polvos inflamables que causen un incendio instantáneo o explosión debido a la descarga electrostática. Los envases de este material son peligrosos cuando están vacíos ya que retienen residuos del producto (polvo, sólidos)<sup>(5)</sup>.

Debido a la disociación y descomposición del Anhídrido Maléico en Acido Maléico en Agua se debe tener especial cuidado con la humedad del almacenamiento del Anhídrido. La generación del Acido presenta los mismos riesgos o mayores en ciertos casos en su manejo<sup>(5, 8, 10)</sup>.

##### 4.6.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

**S1/2:** Manténgase bajo llave y fuera del alcance de los niños

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediata y abundantemente con Agua y acuda a un médico

**S30:** Nunca agregue Agua a este producto

**S45:** En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al médico (si es posible muestre la etiqueta)

##### 4.6.8.2 ALMACENAMIENTO<sup>(4, 5)</sup>

El Anhídrido Maléico se debe guardar en un envase cerrado herméticamente y almacenado en un área fresca, seca y bien ventilada. Los envases se deben proteger contra los daños físicos y aislados de las sustancias incompatibles. Los recipientes del Anhídrido no se deben reutilizar.

Las temperaturas extremas durante el almacenamiento son riesgosas, por lo tanto la temperatura ambiente es preferible. No se debe almacenar este material cerca de alimentos, comida o Agua para beber.

El Anhídrido Maléico puede ser una sustancia que puede arder; luego se debe limitar su almacenamiento interior a áreas dotadas con equipos contra incendio como rociadores automáticos. Durante el almacenamiento y manejo, se deben conectar todos los envases de metal con un polo a tierra para evitar la generación de chispas y se debe alejar de toda fuente de calor, de ignición y de materiales reactivos.

Un polvo fino de este material puede originar una explosión de polvo. Cuando se maneje y procese este material se puede requerir una ventilación por extracción local para controlar el polvo y reducir la exposición a los vapores.

Luego del trabajo con Anhídrido Maléico, los trabajadores se deben bañar y asear asegurándose de eliminar toda posible contaminación con la sustancia.

#### 4.6.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES<sup>(10)</sup>

**Tabla 24. Usos, generación y control de emisiones de Anhídrido Maléico**

Uso / Generación	Control
Usado en la manufactura de resinas de poliéster para autopartes, paneles para la estructura de construcciones, botes y tanques de almacenamiento para sustancias químicas.	Ventilación local y equipo de protección personal.
Producción del ácido fumárico (como acidulante de alimentos) y poliéster. Manufactura de resinas alquídicas, lacas para interiores, terminaciones de automóviles, plastificadores reactivos y pinturas y lacas para aplicaciones navales.	Ventilación local y equipo de protección personal.
Manufactura de detergentes y aditivos para lubricantes como agentes humectantes. Producción de aceites secantes.	Ventilación local y equipo de protección personal.
Manufactura de resinas aceitosas como recubrimientos industriales. Manufactura del terpeno, resinas, recubrimientos de protección, papel, películas de celulosa y fibras naturales y sintéticas.	Ventilación local y equipo de protección personal.
Manufactura de retardantes de llama para resinas de poliéster, como endurecedor para resinas epóxicas, componente de pinturas militares. Manufactura de lubricantes resistentes a presiones extremas, y la producción de productos químicos orgánicos intermedios.	Ventilación local y equipo de protección personal.

#### 4.6.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

##### 4.6.10.1 SUELO

No se tiene información que permita concluir que el Anhídrido Maléico tenga un impacto en el suelo. Cuando esta sustancia se elimina en el suelo, se espera que este material se biodegrade rápidamente y se espera que se filtre en las aguas subterráneas, con la formación del Acido Maléico en solución, el cual variaría las condiciones de pH y puede alterar la vida de diferentes especies acuáticas<sup>(5)</sup>.

##### 4.6.10.2 AIRE

No se tiene información que permita concluir que el Anhídrido Maléico tenga un impacto en el aire. Sin embargo; cuando se elimina en forma de vapor a la atmósfera, este material se mantiene en fase de aerosol con una vida media corta. No se espera que este material esté sujeto a deposición húmeda cuando se elimina en el aire, tampoco se espera que este material se degrade por la reacción con el ozono y con los radicales hidroxílicos producidos fotoquímicamente<sup>(5)</sup>.

##### 4.6.10.3 AGUA

Se tiene información que permite concluir claramente que el Anhídrido Maléico tiene un impacto en el Agua debido a su acción sobre el pH. Cuando se elimina en el Agua, se espera que este material se biodegrade rápidamente debido a la disociación que presenta. No se espera que este material se evapore significativamente cuando se elimina en el Agua gracias a la formación del Acido Maléico<sup>(5)</sup>.

#### 4.6.11 ECOTOXICIDAD <sup>(5)</sup>

##### Toxicidad para Peces

Cuando se elimina en el suelo y Agua, el Anhídrido Maléico se hidroliza en Acido Maléico, para cuyo caso se dispone de la siguiente Información:

Pez mosquito TLm :240 ppm/24-48 horas

##### Toxicidad para Plantas Acuáticas

No se tiene información concreta que permita concluir que el Anhídrido Maléico tenga un impacto sobre las plantas acuáticas; sin embargo se espera que la variación del pH en el medio por efecto de la disociación del mismo, pueda tener efectos directos sobre la población vegetal del Agua.

##### Toxicidad para Microorganismos

No se tiene información concreta que permita concluir que el Anhídrido Maléico tenga un impacto sobre los microorganismos; sin embargo se espera que la variación del pH en el medio pueda tener efectos directos sobre especies microbianas específicas.

#### 4.6.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION <sup>(5, 10)</sup>

Dentro del manejo final del Anhídrido Maléico debe tenerse en cuenta que aquella parte que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejada como desecho peligroso y enviada a un incinerador aprobado o eliminado en una instalación para desechos aprobada. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de manejo del desecho <sup>(5)</sup>.

Cuando la disposición final del Anhídrido Maléico incluye su destrucción; debe ser recogido en papel o un material inflamable, para ser quemado en un horno equipado con un sistema completo de limpieza de los gases de combustión. Otro método de disposición del Anhídrido Maléico consiste en la disolución de éste en un solvente inflamable como alcohol y la atomización de la mezcla para permitir su combustión en un equipo apropiado (horno de combustión) que posea un sistema de tratamiento de los gases de emisión.

#### 4.6.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 16; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Kirck & Othmer; Enciclopedia of Chemical Technology; Interscience Publishers; Jhon Wiley & Sons, Inc.; New York, USA, 1996.
3. Mallinckrodt Baker, Inc. Material Safety Data sheet, Maleic Anhydride [en línea]. Febrero de 2002 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible en <http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/S8234.htm>
4. Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). Software Dataquim. HOJA DE DATOS SEGURIDAD (MSDS), Anhídrido Maléico. Marzo de 1997, revisado enero de 1999. Bogotá, Colombia.
5. Occupational Safety & Health Administration (OSHA); Chemical Sampling Information, Maleic Anhydride [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado enero de 1999 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_268700.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_268700.html)
6. Environmental Protection Agency (EPA), List of IRIS Substances, Maleic anhydride [en línea]. Octubre de 1985, revisado noviembre de 1987 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible en [http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical\\_Results?OpenView&Start=291](http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical_Results?OpenView&Start=291)

7. Organización Internacional de Trabajo (OIT). *International Chemical Safety Cards, Maleic Anhydride* [en línea]. Octubre de 1997, actualizado octubre de 2000 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc07/icsc0799.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc07/icsc0799.htm)
8. Organización Internacional de Trabajo (OIT); *International Chemical Safety Cards, Anhídrido Maléico* [en línea]. 1994 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc03/icsc0362.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc03/icsc0362.htm)
9. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
10. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Occupational Safety and Health Guideline for Maleic Anhydride* [en línea]. Septiembre de 1978 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0577.pdf>

---

Anhídrico maléico

## 4.7

# Benceno

- 4.7.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.7.1.1 SINONIMOS
  - 4.7.1.2 DESCRIPCION
  - 4.7.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.7.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.7.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.7.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.7.2 PRODUCCION, APLICACIONES Y USOS
  - 4.7.2.1 PRODUCCION
  - 4.7.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.7.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.7.3.1 INHALACION
  - 4.7.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.7.3.3 INGESTION
  - 4.7.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.7.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.7.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
- 4.7.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.7.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.7.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.7.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.7.5.1.3 Inhalación
    - 4.7.5.1.4 Ingestión
    - 4.7.5.1.5 Rescate
  - 4.7.5.2 INCENDIOS
  - 4.7.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.7.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**4.7.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL**

**4.7.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA**

**4.7.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA**

**4.7.8.1 FRASES DE SEGURIDAD**

**4.7.8.2 ALMACENAMIENTO**

**4.7.9 USOS Y CONTROLES**

**4.7.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE**

**4.7.10.1 AIRE**

**4.7.10.2 AGUA**

**4.7.10.3 SUELO**

**4.7.11 ECOTOXICIDAD**

**4.7.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION**

**4.7.13 BIBLIOGRAFÍA**

#### 4.7.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(2, 5, 7, 8)</sup>

Fórmula Molecular: C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

Estructura Molecular:



CAS: 71-43-2

Número UN: 1114

Clase de Riesgo Primario UN: 3

##### 4.7.1.1 SINÓNIMOS <sup>(1, 5)</sup>

Benzol; Nafta de Carbón; Ciclohexatrieno; Pirobenzol; Hidruro de Fenilo; Benzene (Inglés); Benzolo (Italiano).

##### 4.7.1.2 DESCRIPCIÓN <sup>(3, 5, 6)</sup>

A temperatura ambiente, el Benceno es un líquido incoloro o amarillo claro con olor dulce y aromático. Es altamente inflamable. Se volatiliza muy rápido en el aire y se disuelve poco en agua por sus características no polares, aunque es muy soluble en la mayoría de solventes orgánicos. Debido a su volatilidad, puede esparcirse por el aire hasta cualquier fuente de ignición distante.

El Benceno está presente en el aire, agua y suelo, y como su densidad es menor a la del agua, en medio acuático, permanece en la superficie de ésta. El Benceno que se encuentra en el ambiente proviene tanto de procesos naturales como de actividades humanas. Las fuentes naturales incluyen volcanes e incendios forestales; el Benceno también es componente natural del petróleo crudo y la gasolina además del humo de cigarrillos. La mayoría de las personas pueden percibir el olor del Benceno en el aire a concentraciones de 1.5 – 4.7 ppm y percibir su sabor en el agua a 0.5 – 4.5 ppm.

##### 4.7.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

El Benceno comercial 535 refinado es libre de sulfuro de hidrógeno y dióxido de azufre, pero contiene un máximo de 1 ppm de tiofeno y un máximo de 0.15% de no aromáticos. El Benceno de grado de nitración es libre de sulfuro de hidrógeno y dióxido de azufre. También se encuentra disponible comercialmente libre de tiofeno, 99% molar, 99.94% molar y de calidad de nanogrado <sup>(5)</sup>.

##### 4.7.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(5, 6, 7, 8, 10)</sup>

Tabla 25. Propiedades físicas del Benceno

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	78,11
Estado Físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C)	5,5
Punto de Fusión (°C)	80,1; 760 mmHg
Presión de Vapor (mmHg)	75; 20 °C
Gravedad Específica (Agua = 1)	0,8787
Densidad del Vapor (Aire = 1)	2,7
pH	No Reportado
Solubilidad en Agua (% peso)	Insoluble
Koc	60 - 83
Constante de la Ley de Henry	5,5X10 <sup>-3</sup> atm/m <sup>3</sup> *mol
Límites de Inflamabilidad (% vol)	1,2 – 7.8
Temperatura de Autoignición (°C)	498
Punto de Inflamación (°C)	-11; copa cerrada

C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

Benceno

#### 4.7.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Benceno es una sustancia altamente inflamable, y sus vapores forman mezclas explosivas con gran facilidad. Cuando se quema Benceno, se liberan vapores y gases tóxicos como Monóxido de Carbono, entre otros. La sustancia ataca algunas formas de plástico, cauchos y recubrimientos <sup>(10)</sup>.

##### 4.7.1.5.1 Incompatibilidades

El Benceno reacciona de forma explosiva con oxidantes fuertes como percloratos, Acido Nítrico, Cloro, Bromo con Hierro, Oxígeno y muchos fluoruros <sup>(6, 10)</sup>.

### 4.7.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

#### 4.7.2.1 PRODUCCIÓN

En la actualidad, el Benceno se recupera de las fuentes de carbón y petróleo. La gran mayoría del Benceno producido en el mundo se deriva de las industrias petroquímicas y de refinación de petróleo. Estas fuentes incluyen corrientes de refinerías (reformado catalítico), pirolisis de gasolina e hidrodealquilación de tolueno; no obstante, el reformado catalítico constituye su mayor fuente de producción. Durante este proceso, las cicloparfinas (también conocidas como "naftenos") como el ciclohexano, metil ciclohexano y el dimetil ciclohexano se convierten a Benceno mediante isomerización, deshidrogenación y desalquilación y las parafinas se convierten a Benceno por ciclodeshidrogenación. Las condiciones del proceso y el catalizador determinan cuál reacción predomina. De esta corrientes, el Benceno se recupera mediante extracción con un solvente (tetra etilen glicol).

Para la obtención de Benceno a partir de gasolina, se emplea un tipo de gasolina subproducto obtenido del craqueo de parafinas o hidrocarburos pesados. La gasolina de pirolisis contiene hidrocarburos alifáticos insaturados (como etileno y propileno) y aromáticos. Se encuentran disponibles muchos procesos de tratamiento de gasolina de pirolisis, incluyendo la hidrogenación parcial y la destilación extractiva; hidrogenación, hidrodesulfurización y extracción con un solvente; o hidrogenación parcial, desulfurización, hidrocrackeo hidrodesalquilación y destilación para la optimización del rendimiento del Benceno y la recuperación del mismo.

En el proceso de hidrodesalquilación, el tolueno o las mezclas tolueno / xileno reaccionan con el hidrógeno produciendo Benceno y metano.

En la producción de Benceno, también se usa la transalquilación del tolueno. Se producen pequeñas cantidades de Benceno mediante la destilación destructiva del carbón usado en la producción de coque <sup>(5)</sup>.

#### 4.7.2.2 APLICACIONES Y USOS

Se ha utilizado el Benceno como solvente en la industria farmacéutica y química, como material de inicio e intermedio en la síntesis de diversos químicos y como aditivo de gasolina. Los principales usos del Benceno son en la producción de etilbenceno, cumeno y ciclohexano. También se usa en la fabricación de tinturas, detergentes, explosivos, caucho, plásticos y productos farmacéuticos <sup>(5, 10)</sup>.

### 4.7.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

#### Frases de Riesgo <sup>(8)</sup>

**R45:** Puede causar cáncer.

**R11:** Fácilmente inflamable.

**R48/23/24/25:** Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.

La absorción, distribución, metabolismo y excreción del Benceno se ha investigado de forma extensa, tanto en animales como en humanos. El Benceno se absorbe rápidamente por ingestión y por inhalación. La absorción por contacto con la piel también es muy rápida, pero se considera inferior debido a la rápida volatilización del Benceno en

contacto con el aire. El Benceno se distribuye rápidamente a través del cuerpo después de cualquier tipo de exposición o contacto con la sustancia y se observa acumulación en los tejidos grasos <sup>(2)</sup>.

Respirar niveles de Benceno muy altos puede causar la muerte, mientras que niveles moderados pueden causar somnolencia, mareo, aceleración del ritmo cardíaco, dolor de cabeza, temblor, confusión y pérdida del conocimiento. Comer o tomar altos niveles de Benceno puede causar vómitos o irritación del estómago, mareo, somnolencia o convulsiones; en casos severos se presenta aceleración del ritmo cardíaco y la muerte.

El efecto principal de la exposición de larga duración (365 días o más) al Benceno se presenta en la sangre. Produce efectos nocivos en la médula ósea y puede causar una disminución en el número de glóbulos rojos, lo que conduce a la generación de anemia. El Benceno también puede producir hemorragias y daño al sistema inmunológico, aumentando así las posibilidades de contraer infecciones.

Algunas mujeres estudiadas que respiraron altos niveles de Benceno por varios meses tuvieron menstruaciones irregulares y el tamaño de sus ovarios disminuyó. No se sabe si la exposición al Benceno afecta al feto durante el embarazo o la fertilidad en hombres. Estudios en animales que respiraron Benceno durante la preñez han descrito bajo peso del crío, retardo en la formación de hueso y daño en la médula ósea <sup>(6)</sup>.



Benceno

#### 4.7.3.1 INHALACIÓN

La principal ruta de exposición a Benceno generalmente ocurre por inhalación directa o de materiales que contienen Benceno. Estudios consultados indican que la absorción de Benceno en humanos debida a una exposición por vía respiratoria es aproximadamente el 50% de la cantidad inhalada, aunque esta disminuye al incrementar los niveles de exposición debido probablemente a la saturación del metabolismo y por lo tanto, la excreción de una mayor cantidad de Benceno sin metabolizar. Una exposición corta a concentraciones muy altas (10000 – 20000 ppm) puede causar la muerte. Bajos niveles de Benceno (700 – 3000 ppm) pueden provocar somnolencia, mareo, incremento del ritmo cardíaco, dolor de cabeza, temblores, confusión e inconciencia. En la mayoría de los casos, los síntomas desaparecen al dejar de respirar la sustancia y respirar aire fresco <sup>(2,3,5)</sup>.

#### 4.7.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS <sup>(3,5)</sup>

Estudios consultados permitieron determinar que la absorción de Benceno a través de la piel es probable. El contacto con la piel, además de contribuir con la sintomatología presentada por la exposición por inhalación, causa enrojecimiento de la piel y generación de úlceras. El contacto de Benceno con los ojos causa irritación general y daño en la córnea.

#### 4.7.3.3 INGESTIÓN

El consumo de alimentos o bebidas que contengan altos niveles de Benceno puede causar vómito, irritación del estómago, mareo, somnolencia, convulsiones, incremento del ritmo cardíaco, coma e incluso la muerte. No se conocen los efectos causados en la salud debido al consumo de alimentos o bebidas con niveles bajos de Benceno durante largos periodos de tiempo <sup>(3)</sup>.

#### 4.7.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

Una exposición crónica a Benceno en el aire puede causar cáncer de los órganos productores de sangre; esta condición se denomina leucemia. Se ha asociado la exposición a esta sustancia con un tipo de leucemia en particular llamado Leucemia Aguda Aplásica (AML). No se conocen los efectos en la salud presentados después de una exposición crónica a comida y agua contaminada con Benceno <sup>(3)</sup>.

Se ha reportado que exposiciones crónicas a Benceno producen anormalidades neurológicas que sugieren que la sustancia puede inducir efectos tóxicos en el sistema nervioso, involucrando los nervios secundarios o la columna vertebral <sup>(5)</sup>.

## 4.7.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

### 4.7.3.5.1 Cardiovasculares

No se encontraron estudios relacionados con los efectos Cardiovasculares después de inhalación, ingestión o contacto con la piel con Benceno, sin embargo, se ha propuesto la fibrilación ventricular como la causa de la muerte en algunos envenenamientos en humanos <sup>(5)</sup>.

### 4.7.3.5.2 Hematológicos

El Benceno causa problemas en la sangre. Las personas que estén expuestas a Benceno durante períodos largos de tiempo pueden experimentar efectos perjudiciales en los tejidos que producen las células sanguíneas, especialmente la médula ósea. Estos efectos pueden trastornar la producción normal de sangre y provocar un decrecimiento en los componentes importantes de la sangre. La reducción en otros componentes puede causar sangrado excesivo. La producción de sangre puede volver a la normalidad después de detener la exposición a Benceno <sup>(3,5)</sup>.

### 4.7.3.5.3 Musculares

Se han reportado casos de trabajadores afectados por mielofibrosis y neutropenia a consecuencia de exposiciones bajas durante períodos largos de tiempo <sup>(5)</sup>.

### 4.7.3.5.4 Hepáticos

No se encontraron reportes de efectos adversos específicos referidos a la inhalación, contacto con la piel o ingestión de Benceno, sin embargo, se han reportado casos de crecimiento del hígado en trabajadores expuestos de forma crónica <sup>(5)</sup>.

### 4.7.3.5.5 Renales

Se encuentra disponible muy poca información acerca de los efectos renales en humanos después de la inhalación de Benceno. En un caso de dosis letal consultado se encontró congestión aguda de los riñones <sup>(9)</sup>.

### 4.7.3.5.6 Endocrinos

Estudios de laboratorio realizados en animales permitieron determinar que no se producen lesiones en las glándulas salivares, la tiroides, paratiroides, páncreas y glándula pituitaria después de inhalación o ingestión de Benceno <sup>(5)</sup>. No se encontraron estudios referidos a los efectos endocrinológicos debidos al contacto de Benceno con la piel.

### 4.7.3.5.7 Inmunológicos

La exposición excesiva a Benceno puede ser perjudicial para el sistema inmunológico, generando un incremento en las posibilidades de contraer cualquier enfermedad y quizás aumenta las probabilidades de generación de cáncer <sup>(3)</sup>.

### 4.7.3.5.8 Neurológicos

Se han reportado casos en los cuales se presentaron síntomas que indicaron efectos adversos en el sistema nervioso central después de una exposición aguda. Estos síntomas se presentaron a niveles de Benceno de 300 a 3000 ppm, e incluyeron somnolencia, mareo, dolor de cabeza, vértigo, temblor, delirio y pérdida de la conciencia. La exposición aguda que produce la muerte está asociada con daños en los vasos sanguíneos en el cerebro <sup>(5)</sup>.

## 4.7.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

CL<sub>50</sub> (Inhalación, ratas): 43770 mg/m<sup>3</sup>/4 horas <sup>(5,7)</sup>

CL<sub>50</sub> (Inhalación, ratas): 32600 mg/m<sup>3</sup>/7 horas <sup>(7)</sup>

CL<sub>50</sub> (Inhalación, ratones): 61125 mg/m<sup>3</sup>/2 horas <sup>(7)</sup>

DL<sub>50</sub> (Ingestión, ratas de 14 días de vida): 3000 mg/kg peso corporal <sup>(7)</sup>

DL<sub>50</sub> (Ingestión, ratas adultas): 3300 mg/kg peso corporal <sup>(7)</sup>

Tanto la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (IARC) como el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (DHHS) han determinado que el Benceno es un reconocido carcinógeno en seres

humanos. La exposición de larga duración a altos niveles de Benceno en el aire puede producir leucemia que consiste en un tipo de cáncer a los tejidos que fabrican las células de la sangre <sup>(6)</sup>.

La exposición a Benceno puede ser perjudicial para los órganos reproductivos, aunque no se conocen los efectos de dicha exposición en el desarrollo fetal en mujeres embarazadas y en la fertilidad de los hombres <sup>(3)</sup>.

#### 4.7.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

##### 4.7.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

En el evento de emergencia, se debe retirar a la víctima de la zona de exposición, suministrar procedimientos de primeros auxilios y remitir a la víctima para asistencia médica.

###### 4.7.5.1.1 Exposición en Ojos <sup>(10)</sup>

El Benceno entra en contacto con los ojos, se deben lavar inmediatamente con grandes cantidades de agua por aproximadamente 15 minutos, levantando el párpado superior e inferior ocasionalmente para retirar cualquier acumulación de sustancia en estas áreas. Se debe acudir por atención médica tan pronto como sea posible. Objetos extraños, como lentes de contacto, no se deben usar cuando se este trabajando con esta sustancia.

###### 4.7.5.1.2 Exposición en la Piel <sup>(10)</sup>

Si el Benceno entra en contacto con la piel, lavar la piel inmediatamente con jabón y agua. Si la ropa se humedece con Benceno, ésta se debe remover inmediatamente y se debe lavar la piel afectada con jabón y agua. Si la irritación persiste después del lavado, se debe recibir atención medica lo más pronto posible.

###### 4.7.5.1.3 Inhalación <sup>(8)</sup>

En caso de inhalación de Benceno, se deben mover las víctimas hacia áreas donde puedan respirar aire fresco. Si la víctima ha cesado de respirar se debe realizar el procedimiento de respiración artificial hasta que se recupere o hasta que llegue personal calificado de atención. En el caso de respiración dificultosa y si en las instalaciones existe equipo de respiración auxiliar con Oxígeno, este procedimiento se debe administrar hasta la llegada de personal de atención de emergencias calificado.

###### 4.7.5.1.4 Ingestión <sup>(8)</sup>

En caso de ingestión de Benceno, se debe enjuagar la boca con agua en abundancia evitando tragarla para retirar los restos de la sustancia, no se debe inducir el vómito y es necesario proporcionar asistencia médica.

###### 4.7.5.1.5 Rescate <sup>(10)</sup>

Si un trabajador se encuentra incapacitado debido a la exposición, se debe retirar del lugar de exposición. Se deben poner en práctica los procedimientos de rescate de emergencia establecidos en el plan de emergencias de la instalación. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

##### 4.7.5.2 INCENDIOS

El Benceno es una sustancia inflamable, no se debe exponer a llamas abiertas, chispas ni se debe fumar cerca de cualquier fuente de Benceno o almacenamiento del mismo. En caso de incendio, se debe usar polvo químico seco, Dióxido de Carbono, espuma resistente al Alcohol, cualquier químico seco extintor es efectivo. El agua puede ser poco efectiva en este caso, pero se puede usar para mantener fríos los contenedores de almacenamiento de Benceno <sup>(8, 10)</sup>.



Benceno

### 4.7.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS <sup>(10)</sup>

Si se derrama o libera Benceno, deben realizarse los siguientes procedimientos:

- Retirar cualquier posible fuente de ignición.
- Ventilación del área de fuga o derrame.
- Para pequeñas cantidades de líquido que contenga Benceno, absorber con toallas de papel y colocarlas en un contenedor apropiado
- Grandes cantidades de líquido que contenga Benceno pueden ser absorbidas con arena seca, tierra o materiales similares no combustibles y colectados en un contenedor apropiado.
- Los derrames de líquidos que contengan Benceno pueden recolectarse mediante un sistema apropiado de aspiración. Si se usa este sistema, no deben haber fuentes de ignición cerca del derrame, y se debe disponer de suficientes dispositivos de prevención.

En casos en los cuales los niveles de Benceno en el ambiente excedan los límites permitidos de exposición, las personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben restringir de las áreas de fugas hasta que la limpieza se haya completado.

### 4.7.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; ACGIH):** 10 ppm (1992 - 1993) <sup>(10)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 1 ppm (Fecha de estudio no reportada) <sup>(6, 10)</sup>

**STEL (TWA; 15 minutos; OSHA):** 5 ppm (Fecha de estudio no reportada) <sup>(6, 10)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 500 ppm (Fecha de estudio no reportada) <sup>(6)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

### 4.7.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(10)</sup>

- Se debe seleccionar la ropa de protección para químicos después de analizar los datos disponibles acerca del desempeño del material y evaluar la ropa bajo las condiciones de uso reales.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropa de protección para químicos, guantes, caretas y otros tipos de ropas protectoras necesarias para prevenir cualquier contacto de la piel con Benceno.
- Donde exista alguna posibilidad de contacto de Benceno con los ojos de los trabajadores, se debe ubicar una ducha lavajos para emergencias en las cercanías inmediatas al lugar de trabajo.
- Donde exista alguna posibilidad de contacto de Benceno con el cuerpo de los trabajadores, se debe ubicar una ducha de emergencia para lavado general en el área inmediata del lugar de trabajo.

#### 4.7.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(10)</sup>

Se debe hacer énfasis en que el uso de respiradores es el último método que se debe usar para controlar la exposición de un trabajador y normalmente no debería ser utilizado como única vía de prevención o minimización de la exposición durante una operación de rutina. Sin embargo, existen algunas excepciones donde los respiradores pueden usarse para controlar la exposición. Se debe usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables; cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia.

Además de la selección del respirador, debe ser instituido un programa completo de protección respiratoria, que cumpla con los requerimientos mínimos de seguridad para los empleados. El programa debe incluir como mínimo, una

evaluación del desempeño del trabajador al usar el respirador, el entrenamiento regular al personal, monitoreo periódico del ambiente, evaluación adecuada, mantenimiento, inspección y limpieza. La implementación de un programa adecuado de protección respiratoria, incluyendo la selección del respirador correcto, requiere que una persona con suficientes conocimientos se encuentre a cargo del programa y de su evaluación periódica.

**Tabla 26. Protección respiratoria mínima para Benceno en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima (OSHA)
Cualquier concentración detectable.	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva. Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa y operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva en combinación con un aparato de respiración autónomo auxiliar operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Situaciones planeadas o de emergencia, en las cuales la concentración sea desconocida.	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva. Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa y operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva en combinación con un aparato de respiración autocontenido auxiliar operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego.	Cualquier aparato de respiración autocontenido con careta completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier respirador de purificación de aire con pieza facial completa (máscara de gases) provista de protección contra vapores orgánicos. Cualquier aparato de respiración autocontenido para evacuación. Cualquier aparato de respiración autocontenido para evacuación.

Tomada de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Benzene Potential Human Carcinogen" (10)

#### **4.7.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA <sup>(10)</sup>**

La ropa contaminada con Benceno debe ser removida de forma inmediata y colocada en contenedores cerrados para su almacenamiento hasta que se pueda desechar o se pueda remover la sustancia contaminante. Si la ropa se va a descontaminar, la persona encargada de dicha tarea debe ser informada de las propiedades peligrosas del Benceno.

Se deben adecuar habitaciones para cambio de ropa y que permitan a los trabajadores tomar una ducha con armarios diferentes para colocar la ropa de calle y la de trabajo.

Se debe prohibir el almacenamiento, preparación o consumo de alimentos o bebidas, el almacenamiento o aplicación de cosméticos, almacenamiento o consumo de tabaco en las lugares de trabajo cercanos a áreas de almacenamiento, manipulación o transformación de Benceno.

Los trabajadores que deben manipular Benceno se deben lavar las manos, rostro y antebrazos antes de consumir alimentos, fumar o usar el sanitario.

#### 4.7.8.1 FRASES DE SEGURIDAD <sup>(8)</sup>

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta).

**S53:** Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso.

#### 4.7.8.2 ALMACENAMIENTO

Debido a sus características de inflamabilidad, el Benceno se debe almacenar en contenedores sellados a prueba de incendio. También es necesario tener en cuenta que debe estar separado de alimentos, oxidantes e incompatibles en general <sup>(9)</sup>.

#### 4.7.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES <sup>(10)</sup>

La siguiente lista incluye algunas operaciones comunes en las cuales puede ocurrir una exposición a Benceno, y los respectivos controles que pueden ser efectivos en cada caso:

**Tabla 27. Usos, generación y control de emisiones de Benceno**

Uso / Generación	Control
Durante la producción y procesamiento de Benceno; durante su uso como materia prima para la síntesis de otros compuestos aromáticos y derivados.	Proceso contenido; ventilación de extractor local; equipo de protección personal.
Durante el uso de químicos en los cuales el Benceno puede estar presente como impureza (naftas, Tolueno, Xileno).	Proceso contenido; ventilación de extractor local; equipo de protección personal.
Durante la fabricación y uso de combustibles de motor en los cuales el Benceno se usa como ingrediente; durante su uso como solvente de extracción.	Proceso contenido (cuando sea posible); ventilación de extractor local; equipo de protección personal; sustitución de material..
Durante la preparación y uso de pinturas y barnices, removedores, cauchos cementos y lacas.	Proceso contenido (cuando sea posible); ventilación de extractor local; equipo de protección personal; sustitución de material..

#### 4.7.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

El Benceno se encuentra comúnmente en el ambiente. Los procesos industriales representan la principal fuente de Benceno en el ambiente. Los niveles de Benceno en el aire se pueden incrementar por las emisiones provenientes de la combustión de carbón y petróleo, operaciones de desecho y almacenamiento de Benceno, tubos de escape de vehículos automotores y vaporización en estaciones de gasolina. Debido a que el tabaco contiene altos niveles de Benceno, el humo de los cigarrillos constituye otra fuente de emisiones. Las descargas industriales, la disposición de productos que contienen la sustancia y los derrames de gasolina provenientes de tanques subterráneos representan fuentes de emisiones de Benceno al agua y al suelo.

El Benceno se puede transferir al aire desde del agua y el suelo. Una vez en el aire, el Benceno reacciona con otros químicos y se descompone dentro de unos pocos días. En el aire se puede fijar a la lluvia o nieve y volver al suelo por deposición húmeda.

##### 4.7.10.1 AIRE

El Benceno se libera a la atmósfera a partir de fuentes naturales, como emanaciones de petróleo crudo e incendios forestales, e industriales como tubos de escape, operaciones de abastecimiento de combustible a automóviles entre otros. Mediante un modelo de fuente de exposición consultado, se determinó que las emisiones de Benceno más altas provienen de hornos operados con coque. Otras fuentes que contribuyen a las

emisiones de Benceno son los automóviles, la industria petroquímica, las plantas de tratamiento de aguas residuales y las industrias petroleras.

El Benceno existe en la atmósfera en la fase vapor principalmente. El proceso de degradación más significativo de la sustancia es su reacción con los radicales hidroxilo presentes en la atmósfera. Se consultaron estudios de la reacción del Benceno con el Óxido Nítrico en una campana de gases con el fin de determinar el papel del Benceno en la formación fotoquímica de polución. Los resultados mostraron que la sustancia presenta una baja reactividad fotoquímica. Se concluyó entonces que el Benceno probablemente no juega un papel importante en la formación fotoquímica de polución. Sin embargo, los resultados muestran que en presencia de especies activas como óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre, la velocidad de fotodegradación del Benceno en la fase gaseosa es mayor que la encontrada para el aire solo. La vida media en presencia de dichas especies activas (100 ppm Benceno en presencia de 10 – 110 ppm NO<sub>x</sub> o 10 – 100 ppm SO<sub>2</sub>) fue de 4-6 horas.

Algunos de los productos de la reacción del Benceno con el gas de monóxido de nitrógeno (nitrobenceno, *o*- y *p*- nitrofenol, y 2,4- y 2,6-dinitrofenol) pueden tener efectos potenciales adversos para la salud humana. La foto-oxidación del Benceno en un sistema aire – dióxido de nitrógeno / monóxido de nitrógeno produce formaldehído, Acido fórmico, anhídrido maléico, fenol y nitrobenceno. La fotólisis directa del Benceno en la atmósfera no es probable debido a que la sustancia no absorbe ondas de luz de longitud mayor a 260 nm <sup>(5)</sup>.



Benceno

#### 4.7.10.2 AGUA

El Benceno se libera al agua a partir de aguas de desecho industriales tratadas y sin tratar, del lixiviado de rellenos de seguridad y otros suelos contaminados, fugas de gasolina de tanques subterráneos y por derrames accidentales durante el transporte marítimo de productos químicos. Sin embargo, la mayoría del Benceno se biodegrada durante los procesos de tratamiento, una pequeña cantidad indeterminada se volatiliza y otra permanece inalterable. La descarga final de agua de desecho tratada libera Benceno a los cuerpos naturales de agua.

Estudios consultados reportan un valor de vida media del Benceno de 16.9 días por fotólisis de la sustancia disuelta en agua saturada de Oxígeno y expuesta a la luz del sol. Se calcula una vida media estimada de 0.71 años para la reacción con radicales hidroxilo, que es mucho más lenta que en el aire.

El Benceno es biodegradable en el agua superficial y subterránea. La degradación microbiana de la sustancia en ambientes acuáticos está influenciada por muchos factores como la población microbiana, el Oxígeno disuelto, los nutrientes, inhibidores, temperatura y pH. Estudios consultados reportaron un valor de vida media para el Benceno en el agua superficial (agua de río) y subterránea de 16 y 28 días respectivamente. La biodegradación ocurre, con vida media de 8 días, en el agua superficial que contiene nutrientes y microbios. En otros estudios, se observa que bajo condiciones aerobias (pH 5.3, 20 °C) el Benceno se degrada completamente de forma microbiana en 16 días. Este proceso está influenciado por la presencia de otros compuestos aromáticos.

Estudios de laboratorio acerca de la degradación microbiana del Benceno en aguas contaminadas con gasolina revelan que tanto la concentración de Oxígeno como la de nitrógeno son los principales factores de control en la biodegradación del Benceno. La biodegradación del Benceno bajo condiciones anaeróbicas es mucho más lenta que bajo condiciones aerobias <sup>(5)</sup>.

#### 4.7.10.3 SUELO

El Benceno se libera a los suelos mediante descargas industriales, eliminación de desechos que contienen esta sustancia y fugas de gasolina en almacenamientos subterráneos. El Benceno es biodegradable en el suelo bajo condiciones aerobias. No está disponible mayor información acerca del comportamiento del Benceno en el suelo <sup>(5)</sup>.

#### 4.7.11 ECOTOXICIDAD

No se encontró información relativa a la toxicidad medioambiental del Benceno dentro de la bibliografía consultada para la elaboración de este documento.

#### 4.7.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

En el pasado, los rellenos de seguridad eran la mejor opción para la eliminación de los desechos industriales que contenían Benceno. Desafortunadamente, el Benceno, junto con otros contaminantes peligrosos, se filtra a través del suelo hasta las aguas subterráneas. En la actualidad, se recomienda la eliminación de desechos mediante la incineración de mezclas de solventes y los lodos a una temperatura tal que se asegure combustión completa. Los métodos de combustión recomendados son inyección de líquido de incineración dentro de un rango de temperatura (650 – 1600 °C) y un tiempo de residencia de 0.1 – 2 segundos; hornos incineradores rotatorios a un rango de temperatura de 82 – 1600 °C y tiempos de residencia de segundos para líquidos y gases y de horas para sólidos; un lecho fluidizado de incineración a un rango de temperatura de 450 – 980 °C y tiempos de residencia de segundos para líquidos y gases y más largos para sólidos. Se sugiere dilución con Alcohol o Acetona para minimizar la cantidad de humo <sup>(5)</sup>.

#### 4.7.13 BIBLIOGRAFIA

1. *United States Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS Substances, Benzene [en línea]. Enero de 1988 [citado agosto 18 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0276.htm>*
2. *United States Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS Substances, Toxicological Review of Benzene [en línea]. Octubre de 2002 [citado agosto 18 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/toxreviews/0276-tr.pdf>*
3. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Toxicological Facts, Benzene [en línea]. Septiembre de 1997 [citado agosto 18 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts3.pdf>*
4. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Statement for Benzene [en línea]. Septiembre de 1997 [citado agosto 18 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs3.html>*
5. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Toxicological Profile for Benzene [en línea]. Septiembre de 1997 [citado agosto 18 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3.pdf>*
6. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Managing Hazardous Material Incidents, Benzene [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado agosto de 2001 [citado agosto 18 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg3.html>*
7. *Organización Mundial de la Salud (OMS). Environmental Health Criteria 150, Benzene [en línea]. 1993 [citado agosto 18 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc150.htm>*
8. *Organización Mundial de la Salud (OMS). International Chemical Safety Cards, Benzene [en línea]. Abril de 1993 [citado agosto 18 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc00/icsc0015.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc00/icsc0015.htm)*
9. *Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Chemical Sampling Information, Safety and Health Topics: Benzene [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado Agosto de 2003. [citado agosto 18 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_220100.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_220100.html)*
10. *Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Occupational Health Guideline for Benzene Potential Human Carcinogen [en línea]. 1988 [citado agosto 18 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0049.pdf>*

## 4.8

# Cloro

- 4.8.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.8.1.1 SINONIMOS
  - 4.8.1.2 DESCRIPCION
  - 4.8.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.8.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.8.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.8.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.8.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.8.2.1 PRODUCCION
    - 4.8.2.1.1 Proceso de Celda de Diafragma
    - 4.8.2.1.2 Proceso de Celda de Mercurio
    - 4.8.2.1.3 Proceso de Celda de Membrana
  - 4.8.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.8.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.8.3.1 INHALACION
  - 4.8.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.8.3.3 INGESTION
  - 4.8.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.8.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.8.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
  - 4.8.4.1 CANCER
  - 4.8.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS Y DEL DESARROLLO
- 4.8.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.8.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.8.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.8.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.8.5.1.3 Inhalación
    - 4.8.5.1.4 Ingestión
    - 4.8.5.1.5 Rescate
  - 4.8.5.2 INCENDIOS
  - 4.8.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

- 4.8.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
  
- 4.8.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.8.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
  
- 4.8.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.8.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.8.8.2 ALMACENAMIENTO
  
- 4.8.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.8.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.8.10.1 AIRE
  - 4.8.10.2 AGUA
  - 4.8.10.3 SUELO
  
- 4.8.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.8.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION
  
- 4.8.13 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.8.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(8)</sup>

**Fórmula Molecular:** Cl<sub>2</sub>

**Estructura Molecular:** Cl – Cl

**CAS:** 7782-50-5

**Número UN:** 1017

**Riesgo Principal UN:** 2.3

**Riesgo Secundario UN:** 8

##### 4.8.1.1 SINÓNIMOS

Se conoce como Bertolita, Cloro molecular, Chlor (Alemán), Chlore (Francés), Cloro (Italiano) <sup>(3)</sup>.

##### 4.8.1.2 DESCRIPCIÓN

El Cloro se genera de forma natural en el medio ambiente pero se convierte rápidamente en otros compuestos debido a su alta reactividad. Es uno de los elementos más abundantes en la tierra y existe principalmente en forma de Cloruros, de los que se destacan por su abundancia el de Sodio (NaCl), el de potasio (KCl) y el de magnesio (MgCl<sub>2</sub>). A temperatura y presión ambiente, el Cloro es un gas amarillo verdoso que es más pesado que el aire y posee un olor muy fuerte, penetrante e irritante. En su forma líquida es una sustancia translúcida de color ámbar. Sólido existe en forma de cristales rómbicos de color amarillo pálido <sup>(1, 4, 5, 6, 12, 14)</sup>.

Para su comercialización masiva se empaqueta por lo común en cilindros de acero como líquido comprimido de 100 y 150 libras para uso en pequeña escala. A gran escala se comercializa en tanques de 1, 55 y 90 toneladas <sup>(6, 12)</sup>.

Cl<sub>2</sub>

Cloro

##### 4.8.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Componente	Contenido	Peligro
Cloro	100%	Sí

##### 4.8.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(5, 6, 7, 8, 10)</sup>

Tabla 28. Propiedades físicas para el Cloro

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular; g/gmol	70,9
Estado Físico	Gas
Punto de Ebullición; °C (760 mmHg)	-34,6
Punto de Fusión; °C	-101
Presión de Vapor; mmHg	583; -40 °C 5.048; 20 °C 10.703; 50 °C
Densidad relativa del vapor (aire = 1)	2,48
Gravedad específica (agua = 1)	1,42; 15 °C
pH	No Aplica
Solubilidad en agua; g/100	0,57; 30 °C
Límites de Inflamabilidad (% vol)	No Reportado
Temperatura de Auto Ignición (°C)	No Reportado
Punto de Inflamación (°C)	No Reportado
Temperatura crítica; °C	144
Presión crítica; mmHg	57.836

#### 4.8.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Cloro es un elemento muy reactivo y se combina de forma directa con muchos otros elementos. Es muy poco soluble en agua pero al entrar en contacto con humedad forma el inestable Acido Hipocloroso (HClO) y el Acido Clorhídrico (HCl). Cuando se descompone el Acido Hipocloroso, se generan radicales libres de oxígeno, los cuales constituyen un potencial de efectos corrosivos mas altos <sup>(1,6)</sup>.

Dentro de sus reacciones inorgánicas, el Cloro presente en exceso con sales de Amonio forma tricloruro de Nitrógeno (NCl<sub>3</sub>), que es una sustancia muy explosiva. Reacciona con amoniaco hasta Cloruro de Amonio. Cuando se combina con Hidrógeno en presencia de luz o calor se da una reacción explosiva para producir Cloruro de Hidrógeno. En presencia de catalizadores reacciona con óxidos de Nitrógeno y de Azufre dando lugar a Cloruro de Nitrosilo (NOCl) y de sulfurilo (SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>). Reacciona con disulfuro de carbono hasta tetracloruro de carbono (CCl<sub>4</sub>) y Bicloruro de Azufre (S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>). El Cloro húmedo ataca muchos metales generando Cloruros; en su forma seca los metales no sufren corrosión por Cloro sino hasta arriba de los 100 °C en algunos casos <sup>(1)</sup>.

En el campo de la química orgánica, el Cloro puede reaccionar con hidrocarburos en reacciones de sustitución o de adición. Para el caso específico de hidrocarburos saturados, el Cloro reemplaza al Hidrógeno y produce además del hidrocarburo clorado, Cloruro de Hidrógeno. En los hidrocarburos insaturados se produce un rompimiento de los dobles enlaces; la reacción puede ser tan violenta como para degradar el hidrocarburo hasta dióxido de carbono. En sustancias aromáticas se puede presentar cualquiera de los dos comportamientos anteriores dependiendo las condiciones que se trabajen <sup>(1)</sup>.

##### 4.8.1.5.1 Incompatibilidades

Directamente el Cloro no es explosivo, pero reacciona de forma explosiva o genera materiales explosivos con sustancias como el acetileno, éter, trementina, amoniaco, propano, Hidrógeno y metales finamente divididos <sup>(2,6)</sup>. Reacciona violentamente con sustancias básicas. Ataca compuestos de caucho, plástico y algunos recubrimientos. El Cloro liberado puede entrar en contacto con vapor de agua para dar lugar a nieblas de Acido Clorhídrico muy irritantes y tóxicas <sup>(2,6,8)</sup>.

### 4.8.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

#### 4.8.2.1 PRODUCCIÓN

La fuente comercial más común de Cloro corresponde a la electrólisis de sales de Cloro en las que se encuentra como Cloruro. El proceso electrolítico de producción de Cloro se puede llevar a cabo por medio de tres tecnologías diferentes: proceso de celda de diafragma, de celda de mercurio y celda de membrana. Las tres tecnologías usan como materia prima una solución acuosa de Cloruro de Sodio, que se descompone electrolíticamente por acción de corriente directa en Cloro molecular, Hidrógeno e hidróxido de Sodio. La reacción general del proceso es la siguiente:



La diferencia entre los tres procesos citados consiste en la manera como el Cloro, producido en el ánodo, se mantiene separado de la soda cáustica y del Hidrógeno, producidos en el cátodo.

##### 4.8.2.1.1 Proceso de Celda de Diafragma

Aquí la zona del ánodo se separa de la del cátodo por medio de un diafragma permeable compuesto de asbesto. La salmuera se introduce en el compartimiento del ánodo y fluye a través del diafragma hasta el compartimiento del cátodo. La solución salina cáustica obtenida sufre procesos de evaporación donde se separa la sal y se obtiene una solución de soda cáustica al 50% que tiene fines comerciales. La corriente gaseosa contiene Cloro y oxígeno. Estos elementos se separan por procesos de liquefacción y evaporación. Además de los posibles riesgos de contaminación del medio ambiente por las sustancias procesadas en sí mismas, existe la posibilidad de contaminación con residuos de los diafragmas de asbestos usados en la operación.

#### 4.8.2.1.2 Proceso de Celda de Mercurio

En este procedimiento se genera una amalgama sódica en el cátodo. La amalgama reacciona con agua en un reactor externo donde se producen el Hidrógeno y la solución de soda cáustica. Los productos generados por esta metodología son muy puros. La corriente gaseosa que corresponde al Cloro, sale del proceso junto con poco oxígeno y por tanto se puede usar con fines comerciales sin más tratamiento. La soda que sale del proceso posee una concentración de 50% de hidróxido de Sodio. Las corrientes de amalgama y de solución de soda pasan por operaciones de separación donde se retira el mercurio y se comercializan como tal. Las complicaciones en este proceso tienen que ver con la efectividad en la recuperación de mercurio de las corrientes.

#### 4.8.2.1.3 Proceso de Celda de Membrana

Para separar los compartimientos del ánodo y del cátodo se usa una membrana de intercambio iónico permeable a cationes. De las especies presentes, solo el Sodio puede atravesar la membrana. La solución cáustica generada posee una concentración de entre 30 y 35% de hidróxido de Sodio y se debe concentrar para comercialización. La corriente gaseosa sufre procesos de liquefacción y evaporación para separar el oxígeno del Cloro. De las tres, ésta constituye la tecnología de menos consumo energético y además no se tiene el inconveniente de la generación o emisión de otros materiales peligrosos diferentes a los de interés del proceso.

En los tres procesos, luego de la separación de las especies de las corrientes gaseosas, el Cloro se somete a presión y se enfría para su empaque final en cualquiera de los medios que se reverenciaron en la sección de descripción.

Además de las formas de producción nombradas antes, el Cloro se puede producir por vía química sin generación de hidróxido de Sodio por medio de oxidación catalítica de Cloruro de Hidrógeno usando agentes oxidantes como oxígeno, aire, Acido nítrico, trióxido de Azufre y peróxido de Hidrógeno.

A causa de los graves accidentes en los que se ha involucrado esta sustancia en el pasado, los procesos para su producción son muy bien controlados y vigilados para evitar fugas, derrames o accidentes. Existen sociedades de productores y personal interesado en el tema que posee amplia información y experiencia en operación y manejo de procesos en los que interviene el Cloro. En los Estados Unidos y Canadá la asociación de interés alrededor del Cloro se llama Chlorine Institute Inc. Y en Europa Bureau International Technique Chlore (BITC).



#### 4.8.2.2 APLICACIONES Y USOS

Este elemento es muy usado en una gran variedad de industrias y procedimientos. Sus usos incluyen la manufactura de plásticos y cauchos sintéticos, de solventes clorados, pesticidas, polímeros, refrigerantes. Se usa de forma extendida para la elaboración de blanqueadores en la industria textil y en la del papel. Se usa en el tratamiento de aguas como bactericida, en la purificación de piscinas, como intermediario en la producción de aditivos para gasolina y en compuestos retardantes de llama y en el procesamiento de metales <sup>(2, 4, 6, 7, 11)</sup>.

Las compañías que consumen grandes cantidades de Cloro son aquellas dedicadas a la producción de dicloruro de etileno y otros solventes clorados, Cloruro de vinilo en la fabricación de PVC y otras resinas, Cloro fluoro carbonados y blanqueadores <sup>(4)</sup>.

Pese a sus usos difundidos, la demanda y producción de Cloro esta en decremento en países como Estados Unidos y Europa debido al impacto ambiental que producen compuestos que lo incluyen dentro de sus formulaciones como los CFC (Cloro fluoro carbonados), los pesticidas clorados o los bifenilos policlorados (PCB) <sup>(2, 7)</sup>.

#### 4.8.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### Frases de Riesgo <sup>(9)</sup>

**R23:** Tóxico por inhalación

**R36/37/38:** Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.

**R50:** Muy tóxico para los organismos acuáticos

No es probable que la población en general este expuesta al Cloro en su forma gaseosa, pero si se expone comúnmente a productos que están constituidos por átomos de Cloro como el hipoclorito de Sodio que se usa como desinfectante en la generación de agua potable y como limpiador y blanqueador doméstico<sup>(5)</sup>. La exposición al Cloro puede ocurrir en ambientes de trabajo industriales donde se produce o se procesa Cloro o en el medio ambiente luego de derrames o liberaciones en la atmósfera, flujos de agua o en la tierra<sup>(4,5)</sup>.

El Cloro ingresa al cuerpo humano a través de la respiración de aire contaminado o cuando se consume con comida o agua contaminadas. Esta no es una sustancia que permanezca absorbida en el organismo, así que se elimina y no se acumula<sup>(4)</sup>.

Los efectos del Cloro en la salud humana dependen, como en la mayoría de los casos para otras sustancias, de la concentración del gas en la atmósfera próxima, de la duración de la exposición y de su frecuencia así como de la susceptibilidad de cada individuo expuesto. Por lo general, las exposiciones severas al Cloro resultan fatales<sup>(4,11)</sup>.

Exposiciones agudas al Cloro pueden generar taquicardia, hipertensión seguida de hipotensión y en algunos casos colapso cardiovascular. Los efectos directos seguidos de una exposición aguda por inhalación incluyen tos con generación de flemas que en algunos casos pueden contener sangre, sensación de sofoco, mareo, ansiedad, náusea y vómito, esto acompañado de dolor o punzadas en el pecho. Se puede presentar edema pulmonar o neumonía dependiendo el individuo. Los efectos irritantes y corrosivos son causados por la transformación de parte del Cloro en Acido Clorhídrico y Acido Hipocloroso en las vías respiratorias debido a su reacción con agua. Normalmente en lugares con una ventilación pobre se pueden generar rápidamente concentraciones atmosféricas nocivas de esta sustancia durante una fuga. El Cloro genera al contacto con la piel o los ojos sensación de quemadura gracias a sus propiedades corrosivas. De forma directa en exposiciones agudas se genera sudoración, dolor, irritación y formación de ampollas. Cuando existe contacto de la piel con Cloro líquido se producen quemaduras por frío seguidas de quemaduras por corrosión. En los ojos los efectos de exposición pueden ir desde una leve irritación, a niveles bajos, visión borrosa para niveles moderadamente altos y quemaduras profundas para concentraciones altas. Algunos de los efectos a la salud del Cloro se pueden presentar tiempo después de la exposición y por tal motivo se recomienda observación médica luego de una exposición de importancia<sup>(2,8,11)</sup>.

#### **4.8.3.1 INHALACIÓN**

La exposición a Cloro gaseoso en niveles importantes ocurre en la mayoría de los casos en ambientes industriales donde el Cloro se transforma en sus diferentes productos terminados o donde se produce Cloro para comercialización. Este tipo de exposición es la más común y la que presenta los efectos más perjudiciales a la salud<sup>(6)</sup>.

Los niveles de percepción del Cloro por su olor y efectos irritantes en la atmósfera son por lo regular mucho más bajos que los niveles requeridos para que se den efectos en la salud de alguna consideración y por tal motivo son una buena señal de alarma ante su exposición. El intervalo de percepción del Cloro puede variar en las personas pero en general se puede afirmar que se encuentra en el orden de 0,2 a 0,4 ppm<sup>(6,12)</sup>.

El Cloro gaseoso es más pesado que el aire y por causa de esta propiedad, puede causar asfixia en ambientes cerrados y pobremente ventilados. Además esta condición agrava sus efectos irritantes y corrosivos pues hace más difícil retirar esta sustancia de las vías respiratorias una vez inhalada<sup>(6)</sup>.

El Cloro en condiciones fisiológicas reacciona con agua para producir Acido Hipocloroso, Acido Clorhídrico y radicales oxígeno, todos ellos con actividad biológica. Aparentemente, el Acido Hipocloroso puede penetrar la pared celular y perturba su integridad y permeabilidad; además, reacciona con grupos sulfhidrilo (SH) de sustancias intracelulares generando inhibición enzimática<sup>(7)</sup>.

Concentraciones de Cloro en el orden de 1 a 3 ppm en exposiciones eventuales se produce irritación leve de las membranas mucosas del tracto respiratorio que, dependiendo del individuo se pueden soportar por el transcurso de una hora. A niveles entre 5 y 10 ppm se produce dolor en la garganta y tos, además de los efectos anteriores. En concentraciones alrededor de 15 ppm se produce rápidamente afección respiratoria que incluye acumulación de fluido en los pulmones y obstrucción de

las vías respiratorias en algunas personas. A 30 ppm se produce de inmediato dolor en el pecho, vómito, sensación de ahogo y mucha tos. Entre 40 y 60 ppm se produce edema grave e inflamación pulmonar. Cantidades tan altas como 430 ppm generan la muerte en un periodo de 30 minutos y a un nivel de 1000 ppm producen la muerte con seguridad en el lapso de pocos minutos. Todos estos síntomas son reversibles si la víctima se retira de la exposición de manera inmediata y se ubica en un ambiente de aire limpio.

Los niños expuestos a iguales niveles de Cloro en el ambiente poseen mayor riesgo debido a su mayor frecuencia respiratoria y mayor área pulmonar en relación con el peso corporal. De igual forma se afectan en mayor grado por causa de agentes corrosivos ya que sus vías respiratorias poseen un menor diámetro de flujo. A causa de su corta estatura, pueden estar expuestos a niveles mayores de Cloro gracias a que esta sustancia es más pesada que el aire y tiende a estancarse en alturas cercanas al nivel del piso<sup>(6)</sup>.

#### 4.8.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS

Existen dos tipos de contacto del Cloro con los ojos o la piel. El primero corresponde al contacto del Cloro gaseoso y el segundo al contacto del Cloro como líquido refrigerado, que solo se da en la industria ya que a condiciones atmosféricas el Cloro líquido se evapora rápidamente. En los dos casos los niveles o cantidades necesarios para alcanzar lesiones de grados nocivos no se encuentran por lo común en el medio ambiente. Estos se dan en entornos industriales y en casos de fugas o derrames de material; pero aún en entornos industriales es más común la exposición a Cloro gaseoso que a Cloro líquido.

Los efectos tóxicos del Cloro sobre la piel o los ojos se deben primordialmente a sus características corrosivas. En forma general y obedeciendo a su fuerte capacidad oxidativa, el Cloro desplaza Hidrógeno del agua presente en los tejidos corporales y genera de esta forma Acido Clorhídrico, que es quien produce los mayores daños. De forma alterna, el Cloro se convierte en Acido Hipocloroso y penetra las paredes celulares para después reaccionar con proteínas del citoplasma para formar derivados nitroclorados que destruyen la estructura celular<sup>(6,12)</sup>.

En bajas concentraciones en el ambiente (1 a 5 ppm), el Cloro produce sensación de ardor en los ojos, parpadeo espasmódico o cierre involuntario de los párpados. A niveles bajos se presenta también enrojecimiento ocular, conjuntivitis y lacrimación. Para concentraciones de 10 ppm la irritación ocular se hace intolerante y se produce irritación de la piel. Las quemaduras oculares se dan a niveles mayores de 10 ppm y aumentan en grado a medida que aumenta la concentración de Cloro en el aire. En la piel para niveles similares se generan quemaduras y ampollas que se intensifican también con el aumento de la concentración del Cloro. Con el aumento de la intensidad de la exposición la piel toma un color azuloso<sup>(6,5)</sup>.

El contacto con Cloro líquido refrigerado puede provocar quemaduras por acción del frío y posteriormente quemaduras debidas a su acción corrosiva si el líquido no se retira de inmediato del área afectada. Si estas lesiones son agudas y no se atienden debida y prontamente se genera muerte celular y ulceraciones<sup>(5,6,12)</sup>.

#### 4.8.3.3 INGESTIÓN

De las formas de exposición al Cloro, esta es la forma menos común debido a la dificultad que se presenta para mantener al Cloro en estado líquido. No obstante si es posible la ingestión de sustancias que contienen al Cloro en su estructura y que pueden ser oxidadas por ácidos como el Clorhídrico que está presente en los jugos gástricos. Esta reacción de oxidación desprende Cloro a nivel estomacal y produce lesiones corrosivas estomacales severas<sup>(5,6)</sup>.

#### 4.8.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

En el largo plazo, en exposiciones crónicas o prolongadas esta sustancia puede tener efectos sobre los pulmones, resultando en la aparición de bronquitis crónica, sobre los dientes, donde se puede producir erosión dental y en la piel produciendo irritación crónica<sup>(8,11)</sup>.

Exposiciones prolongadas a bajas concentraciones de Cloro como las que se presentan en lugares de trabajo

Cl<sub>2</sub>

Cloro

común con esta sustancia (1,5 ppm) pueden acarrear fatiga del olfato y tolerancia a los efectos irritantes de la sustancia. A nivel respiratorio en exposiciones crónicas se presentan irritaciones de las mucosas nasales y modificaciones del funcionamiento pulmonar como por ejemplo disminución de la capacidad respiratoria. Otro efecto presente a nivel crónico implica la erosión dental por la generación de ácidos Hipocloroso y Clorhídrico <sup>(4, 5, 6, 7, 11, 12)</sup>.

#### **4.8.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

##### **4.8.3.5.1 Efectos Cardiovasculares**

En exposiciones agudas se puede presentar taquicardia seguida de hipertensión y posterior hipotensión. También es posible que se presente colapso cardiovascular por causa de falta de oxígeno en el sistema <sup>(6)</sup>.

##### **4.8.3.5.2 Efectos Hematológicos**

se puede presentar acidosis como resultado de insuficiente oxigenación de los tejidos. Una complicación inusual pero posible consiste en el aumento en los niveles de iones Cloruro en la sangre, causantes de desequilibrios Acido base <sup>(6)</sup>.

##### **4.8.3.5.3 Efectos Musculares**

No se han reportado efectos adversos en músculos o huesos provocados por exposición de algún tipo al Cloro.

##### **4.8.3.5.4 Efectos Hepáticos**

No se han reportan efectos adversos en el hígado en seres humanos o en animales.

##### **4.8.3.5.5 Efectos Renales**

No se han reportan efectos adversos al sistema urinario en seres humanos o en animales.

##### **4.8.3.5.6 Efectos Endocrinos**

No se han reportan efectos adversos en glándulas luego de exposiciones prolongadas o agudas a Cloro en las diferentes referencias bibliográficas consultadas.

##### **4.8.3.5.7 Efectos Inmunológicos**

No se han reportan efectos adversos al sistema inmunológico en seres humanos o en animales.

##### **4.8.3.5.8 Efectos Neurológicos**

No se han reportan efectos adversos al sistema nervioso central en seres humanos o en animales.

#### **4.8.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA**

LC<sub>50</sub> (Inhalación, ratas): 293 ppm/1 hora

##### **4.8.4.1 CÁNCER**

Las entidades consultadas para la elaboración de este documento como la IARC (International Agency for Research on Cancer) y la OSHA (Occupational Safety and Health Administration) no incluyen al Cloro dentro sus listas como una sustancia cancerígena directamente. De acuerdo con las mismas entidades, tampoco es teratogénico o mutagénico para animales.

#### **4.8.5 RESPUESTA A ACCIDENTES**

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

##### **4.8.5.1 PRIMEROS AUXILIOS**

###### **4.8.5.1.1 Exposición en Ojos**

La persona se debe retirar del peligro lo más rápidamente posible. Si ingresa a los ojos Cloro líquido o Cloro gaseoso en concentraciones altas, los ojos se deben lavar inmediatamente con agua en abundancia por varios minutos levantan-

do ocasionalmente los párpados superior e inferior para retirar rastros de la sustancia adherida a ellos. Nunca se deben portar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento. La víctima siempre debe recibir atención médica <sup>(8,11)</sup>.

#### 4.8.5.1.2 Exposición en la Piel

La persona afectada se debe retirar del peligro de forma segura tanto para la víctima como para la persona que se encuentra prestando la asistencia. El área de la piel contaminada con Cloro gaseoso o con Cloro líquido se debe lavar de inmediato con agua. Si la exposición ha comprometido la ropa de la víctima, la ropa se debe retirar de forma inmediata y la piel se debe lavar con agua en abundancia. Si luego de la exposición se presenta irritación se debe solicitar atención médica <sup>(8,11)</sup>.

#### 4.8.5.1.3 Inhalación

La víctima se debe ubicar rápidamente en lugares donde pueda tenerse acceso al aire fresco. Si la víctima no está respirando o está respirando con mucho esfuerzo y en el lugar de la emergencia existen medios para la administración de oxígeno de un respirador, este procedimiento se debe realizar hasta la llegada del personal de atención especializado. Si la víctima ha cesado de respirar se puede administrar respiración artificial teniendo precaución de no absorber Cloro gaseoso que pueda estar todavía en el sistema respiratorio de la víctima. La víctima siempre debe recibir atención médica <sup>(8,11)</sup>.

#### 4.8.5.1.4 Ingestión

No se encuentra información debido a la dificultad que se presenta para mantener al Cloro en estado líquido a condiciones ambientales.

#### 4.8.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

Para situaciones de emergencia, se deben usar máscaras antiguas de presión positiva o de demanda de presión y que posean cubrimiento completo de la cara. Se debe usar también un traje totalmente hermético resistente al ataque químico fabricado en neopreno u otro material impermeable y resistente al Cloro <sup>(2,6,11)</sup>.

#### 4.8.5.2 INCENDIOS

Todos los tipos de agentes de extinción son aplicables al control de incendios de esta sustancia. Si existe incendio en los alrededores de un tanque de almacenamiento de Cloro, el tanque se debe mantener fresco rociando agua con las mangueras de emergencia evitando el contacto directo del agua con el Cloro <sup>(8)</sup>.

El Cloro no es un material combustible en presencia de aire, pero muchos materiales combustibles arden en atmósferas de Cloro tal como lo harían en atmósfera de oxígeno. El Cloro y el Hidrógeno forman mezclas inflamables que dan lugar a Cloruro de Hidrógeno corrosivo <sup>(2)</sup>.

#### 4.8.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

Siempre que existan fugas o derrames de Cloro se deben realizar los siguientes pasos <sup>(11)</sup>:

- Ventilar el área de fuga o derrame para dispersar el gas
- Parar la fuente de fuga. Si la fuente de fuga es un cilindro y la fuga no se puede detener en el mismo lugar, mover el cilindro a un lugar seguro al aire abierto donde se repare la fuga o se deje vaciar el cilindro.

Personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben restringir de las áreas de fugas hasta que la descontaminación se haya completado. Se deben mantener los materiales combustibles como madera,



papel o gasolina fuera del alcance de las fugas y derrames. En casos de volúmenes de derrame muy grandes, las personas se deben evacuar a un lugar seguro al aire libre hacia donde el viento no favorezca el transporte de gases peligrosos. Las áreas de alturas bajas se deben evitar debido al peligro de posible acumulación de Cloro en esas zonas <sup>(2, 5, 12)</sup>.

#### 4.8.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 0,5 ppm; 1,5 mg/m<sup>3</sup> (1999) <sup>(5, 8, 10)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 1 ppm; 3 mg/m<sup>3</sup> (1984) <sup>(6)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 1 ppm; 3 mg/m<sup>3</sup> (1984) <sup>(6)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 10 ppm; 30 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(6)</sup>

**STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH):** 1 ppm; 2,9 mg/m<sup>3</sup> (1999) <sup>(5, 8, 10)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.8.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto de la piel con Cloro en estado líquido o gaseoso y para prevenir quemaduras por frío cuando la piel entre en contacto con contenedores de Cloro líquido.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Cloro en estado líquido o gaseoso deben proveerse instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa no impermeable que se contamine con Cloro en estado líquido o gaseoso se debe remover inmediatamente y no se deben usar hasta que el Cloro se retire de ella.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que Cloro en estado líquido gaseoso entre en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que Cloro en estado líquido o gaseoso entre en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

##### 4.8.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Se debe usar equipo de protección respiratoria (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 29. Protección respiratoria mínima para Cloro en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 1 ppm (OSHA)
Concentración de gas de hasta 25 ppm	Un respirador de cartucho químico con pieza facial completa y cartuchos que provean protección contra cloro. Una máscara de gases de tipo mentón o con un cilindro frontal o trasero que provea protección contra cloro. Cualquier respirador de aire con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración autocontenido con careta completa.

**Tabla 29. Protección respiratoria mínima para Cloro en el aire (continuación)**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 1 ppm (OSHA)
Concentración de gas mayor de 25 ppm o concentraciones desconocidas	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya un respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o flujo continuo y un dispositivo auxiliar de respiración autocontenido operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva.
Lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con careta completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier máscara de gases con pieza facial completa que provea protección contra el cloro. Cualquier aparato de evacuación de respiración autocontenido con pieza facial completa.

#### 4.8.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

La seguridad en el manejo del Cloro depende en gran medida de la educación y entrenamiento que tengan los empleados a ese respecto y por tal motivo se debe instaurar un plan de entrenamiento y de acción de emergencias apropiados para cada planta en particular.

Las fugas de Cloro normalmente pueden ocurrir en equipos como válvulas, sellos de bombas, compresores, tanques y cualquier equipo que lo transporte o almacene; por esta razón se debe establecer un programa de mantenimiento y verificación de estos equipos que permita realizar acciones preventivas<sup>(7)</sup>.



##### 4.8.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

**S1/2:** Manténgase bajo llave y fuera del alcance de los niños

**S9:** Consérvese el recipiente en un lugar bien ventilado

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible muéstrele la etiqueta)

**S61:** Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

##### 4.8.8.2 ALMACENAMIENTO

Su almacenamiento siempre debe asegurar que el Cloro nunca entre en contacto con ninguno de los materiales que se encuentran dentro de sus incompatibilidades como bases fuertes, materiales oxidantes fuertes, combustibles, acetileno, etileno, Hidrógeno, amoníaco o metales finamente divididos. El lugar de almacenamiento debe ser fresco, seco y bien ventilado para evitar la posible acumulación de gases tóxicos<sup>(8)</sup>.

Para el almacenamiento de Cloro en grandes cantidades normalmente se recomienda el uso de contenedores individuales de hasta 300 o 400 toneladas con paredes dobles. En instalaciones industriales de gran magnitud se usa el almacenamiento del Cloro en forma líquida a baja presión y temperatura de -34 °C<sup>(1)</sup>.

#### 4.8.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES<sup>(10)</sup>

**Tabla 30. Usos, generación y control de emisiones de Cloro**

Uso / Generación	Control
Usado como agente de cloración y como agente oxidante en síntesis orgánica, producción de solventes, plásticos, resinas, elastómeros, pesticidas, refrigerantes, blanqueadores y químicos inorgánicos	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal

**Tabla 30. Usos, generación y control de emisiones de Cloro (continuación)**

Uso / Generación	Control
Usado como agente de purificación y extracción en la metalurgia	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal
Usado como desinfectante y en el control de olores en tratamiento de agua	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal
Usado como agente de cloración en la industria del caucho y de recubrimientos	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal Aislamiento
Usado como blanqueador, agente de limpieza y desinfectante en lavanderías y polvos limpiadores	del proceso, ventilación local, equipo de protección personal

#### 4.8.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

El Cloro no es una sustancia que permanezca en el ambiente en forma pura a causa de alta reactividad. Aunque no existen fuentes naturales de Cloro, se ha propuesto<sup>(7)</sup> que las radiaciones solares reaccionan con aerosoles de Cloruro de Sodio en el mar generando Cloro gaseoso. Se puede generar a partir de reacciones químicas en las que intervienen el hipoclorito de Sodio y agentes oxidantes fuertes.

##### 4.8.10.1 AIRE

En condiciones atmosféricas naturales el Cloro está presente en la atmósfera en niveles muy bajos o insignificantes así que la manera en la cual se dan concentraciones peligrosas de Cloro en el aire obedece directamente a fuentes humanas, de esta manera, la emisión de Cloro gaseoso se da en la mayoría de los casos por accidentes o malos funcionamientos en instalaciones que lo usan o producen<sup>(7,12)</sup>.

En la atmósfera, el Cloro no posee una vida muy prolongada en su estado basal. Inicialmente, alguna cantidad del Cloro liberado reacciona con humedad produciendo Acido Clorhídrico y Acido Hipocloroso, estos dos compuestos se lavan de la atmósfera con por medio de la lluvia interviniendo en los fenómenos de lluvia ácida. Otra cantidad de Cloro reacciona con Hidrógeno atmosférico en una reacción iniciada por energía solar dando lugar al Acido Clorhídrico. Los compuestos de Cloro que no siguen la vía de la lluvia ácida reaccionan con gases y vapores básicos atmosféricos y con material suspendido generando aerosoles particulados que se precipitan a tierra o permanecen suspendidos haciendo parte de la contaminación atmosférica conocida como smog. Finalmente, el Cloro que no se ha transformado por las vías anteriores interviene en la formación y destrucción de ozono a nivel de la troposfera<sup>(5,12)</sup>.

##### 4.8.10.2 AGUA

Existen diferentes maneras por las cuales el Cloro puede alcanzar las vías de agua, no obstante, en la mayoría de los casos los niveles son tan bajos que no tienen efectos graves sobre organismos que entran en contacto con las vías de agua contaminadas. Gracias a sus propiedades desinfectantes, fungicidas y de modificación de pH, el Cloro y otros de sus compuestos como el hipoclorito de Sodio, se adicionan al agua en concentraciones controladas en piscinas así como en las últimas etapas de procesos de potabilización. Una porción del Cloro que escapa en derrames o emisiones a la atmósfera se lava de ella por acción de la lluvia formando parte de la lluvia ácida, pero en general el aporte de esta sustancia a los efectos ácidos es mínima (cerca del 1%<sup>(12)</sup>) en parte por que es poco soluble en agua y en parte por la marcada presencia de otras sustancias como los óxidos de Azufre y de Nitrógeno. La entrada de Cloro a fuentes de agua por causa de derrames es poca debido a su alta volatilidad una vez se encuentra en condiciones de temperatura y presión atmosféricas. Sin embargo, compuestos de Cloro con características irritantes, solubles en agua si poseen un alto riesgo para la vida acuática<sup>(4,7,12)</sup>.

Una vez el Cloro ingresa al agua, reacciona con materiales inorgánicos formando sales de Cloruro y con materiales orgánicos generando químicos orgánicos clorados. De estos, solo algunos de los químicos orgánicos clorados que se forman poseen algún grado de peligrosidad para seres dependientes del agua<sup>(4)</sup>.

### 4.10.3 SUELO

Teniendo en cuenta que el Cloro es un gas, es muy rara su presencia en el suelo, pero si se libera por causa de derrames o fugas reacciona con la humedad allí presente formando Acido Hipocloroso y Acido Clorhídrico. Posteriormente estos compuestos reaccionan con otras sustancias que se encuentran en el suelo formando en su mayoría Cloruros. El Cloro en sus formas derivadas a partir de la reacción con la humedad no se acumula en las cadenas alimenticias <sup>(5)</sup>.

### 4.8.11 ECOTOXICIDAD

#### Toxicidad Para Peces

*Daphnia Magna* LC<sub>50</sub>, 46 horas: 0,017mg/l

Truchas TL<sub>m</sub>, 168 horas: 0,08 ppm

Esta sustancia es muy tóxica para organismos acuáticos. Algunas bacterias y virus mueren por exposiciones de menos de 1 ppm en fase acuosa en periodos de menos de un minuto aunque las algas y muchos otros organismos acuáticos pueden resistir mayores concentraciones o mayores periodos de exposición. Las plantas expuestas a niveles apreciables de Cloro en el ambiente sufren decoloración y marchitamiento de sus hojas debido, en primer lugar, a que el Cloro inhibe la generación de clorofila y en segundo lugar a las propiedades decolorantes de la sustancia <sup>(7,8,12)</sup>.

### 4.8.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

Las emisiones gaseosas son los más comunes en instalaciones industriales donde se maneja Cloro. Las emisiones que contienen Cloro se deben tratar en una instalación o equipo apropiado para acondicionar los niveles de salida de esta sustancia y evitar el impacto ambiental. La operación del sistema de recolección de emisiones gaseosas a presiones debajo de la atmosférica permite llevar a cabo de mejor manera procedimientos de purga en tuberías, contenedores, reactores y en general todo el equipo que está en contacto con Cloro. Las instalaciones de operación y tratamiento de emisiones con Cloro gaseoso deben evitar la presencia de humedad para minimizar la corrosión de equipos <sup>(1)</sup>.

El sistema de tratamiento que se emplea por lo común para tratar emisiones con Cloro incluye procesos de absorción sobre soluciones de hidróxido de Sodio en una torre empacada o en un scrubber tipo vénturi. La solución de soda cáustica recomendada corresponde como máximo a un 22% en peso. A mayores concentraciones se produce la deposición de sólidos en el equipo. Como resultado de este proceso se genera hipoclorito de Sodio que se puede usar en otros procesos <sup>(1)</sup>.

### 4.8.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 6; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Environmental Protection Agency (EPA). Chemical Profile and Emergency First Aid Treatment Guide for Chlorine [en línea]. Octubre de 1985, actualizado junio de 2003 [citado junio 17 de 2003]. Disponible [http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical\\_Results?OpenView&Start=30](http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical_Results?OpenView&Start=30)
3. Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS Substances, Chlorine [en línea]. Enero de 1994, actualizado mayo de 2003 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0405.htm>
4. Environmental Protection Agency (EPA). Chemicals in the Environment: Chlorine [en línea]. Agosto de 1994 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/index.html>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. ToxFAQs for Chlorine [en línea]. Abril de 2002, actualizado febrero de 2003 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts172.html>

Cl<sub>2</sub>

Cloro

6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Managing Hazardous Material Incidents, Chlorine* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado marzo de 2003 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg172.pdf>
7. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Environmental Health Criteria 21, Chloride and Hydrogen Chloride* [en línea]. 1982 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc21.htm>
8. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *International Chemical Safety Card, Chlorine* [en línea]. Abril de 2000 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc01/icsc0126.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc01/icsc0126.htm)
9. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Anexo 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. 1999 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/toc.htm>
10. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Chemical Sampling Information, Chlorine* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado junio de 2001 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_226500.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_226500.html)
11. Occupational Safety and Health Administration. *Occupational Health Guideline for Chlorine* [en línea]. Septiembre de 1978 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0115.pdf>
12. The Chlorine Institute. *Chlorine: Effects on Health and the Environment* [en línea]. Tercera edición. Noviembre de 1999 [citado junio 17 de 2003]. Disponible en [http://www.cl2.com/whats\\_new/8-pgCleffects.pdf](http://www.cl2.com/whats_new/8-pgCleffects.pdf)
13. The Chlorine Institute. *Site Security Guidelines for the U.S. Chemical Industry* [en línea]. Octubre de 2001 [citado junio 17 de 2003]. Disponible en <http://www.cl2.com/SecurityguidanceACC.pdf>
14. The Chlorine Institute. *Properties of Chlorine* [en línea]. Fecha de publicación desconocida [citado Junio 17 de 2003]. Disponible en <http://www.cl2.com/Clproperties.pdf>

Cloro

## 4.9

# p-Cloroanilina

- 4.9.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.9.1.1 SINONIMOS
  - 4.9.1.2 DESCRIPCION
  - 4.9.1.3 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.9.1.4 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.9.1.4.1 Incompatibilidades
- 4.9.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.9.2.1 PRODUCCION
  - 4.9.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.9.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.9.3.1 INHALACION
  - 4.9.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.9.3.3 INGESTION
  - 4.9.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.9.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.9.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
  - 4.9.4.1 CANCER
  - 4.9.4.2 MUTAGENESIS
  - 4.9.4.3 EFECTOS REPRODUCTIVOS
- 4.9.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.9.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.9.5.1.2 Exposición en Ojos
    - 4.9.5.1.3 Exposición en la piel
    - 4.9.5.1.4 Inhalación
    - 4.9.5.1.5 Ingestión
  - 4.9.5.2 INCENDIOS
  - 4.9.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.9.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
- 4.9.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.9.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

4.9.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A  
DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

4.9.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

4.9.8.2 ALMACENAMIENTO

4.9.9 USOS Y CONTROLES

4.9.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

4.9.10.1 AIRE

4.9.10.2 AGUA

4.9.10.3 SUELO

4.9.11 ECOTOXICIDAD

4.9.12 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.9.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA

Fórmula:  $\text{Cl}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}_2$

Estructura Molecular:



CAS: 106-47-8

Número UN: 2018

Clase de Riesgo Primario UN: 6.1

##### 4.9.1.1 SINÓNIMOS<sup>(3, 4, 6)</sup>

La p-Cloroanilina se conoce también como 1-Amino-4-Clorobenceno; Anilina, 4-Cloro; Anilina, p-Cloro; Bencenammina, 4-Cloro; 4-Cloranilina; p-Cloranilina; para-Cloroanilina; 4-Clorobencenammina; 4-Clorofenilamina; 1-Cloro-4-Aminobenceno.

##### 4.9.1.2 DESCRIPCIÓN

A temperatura ambiente la p-Cloroanilina es un sólido cristalino ligeramente ámbar o blanco y con un leve olor aromático derivado de la anilina. Se distribuye comercialmente en diferentes grados de pureza y de acuerdo con ellos posee un rango de fusión entre 69 °C y 73 °C. Es soluble en agua y en muchos solventes orgánicos comunes. Se descompone en el aire en presencia de luz y a elevadas temperaturas<sup>(1, 2, 4)</sup>.

Las anilinas cloradas en las posiciones 2, 3 y 4 del anillo bencénico amino-sustituido (ortho, meta y para) poseen el mismo tipo de usos; todas muestran el mismo patrón de toxicidad en diferentes estudios consultados pero en todos los casos la p-Cloroanilina muestra los efectos más severos.

Esta es una sustancia exclusivamente fabricada por el hombre y por tal razón no se encuentra en la naturaleza sino como resultado de la intervención humana directa o indirecta<sup>(4)</sup>.



p-Cloroanilina

##### 4.9.1.3 PROPIEDADES FÍSICAS<sup>(1, 8)</sup>

Tabla 31. Propiedades físicas para la p-Cloroanilina

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	127,6
Estado Físico	Sólido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	232
Punto de Fusión (°C)	69 - 73
Presión de Vapor (mmHg)	0,015; 20 °C
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	No Reportado
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,4
Densidad del Vapor (Aire = 1)	4,4
pH	No Reportado
Kow	1,83
Constante de la Ley de Henry (Pa*m <sup>3</sup> /mol)	0,1
Solubilidad en Agua (g/100 ml)	0,39; 20 °C
Límite Inferior de Inflamabilidad (% vol)	2,2
Temperatura de Auto Ignición (°C)	685
Punto de Inflamación (°C)	- 123; copa abierta

#### 4.9.1.4 PROPIEDADES QUÍMICAS

La p-Cloroanilina se descompone en presencia de luz y calor debido a una reacción fotolítica directa. La cantidad que se logra disolver en agua se disocia parcialmente mostrando características de ácido débil <sup>(4)</sup>.

##### 4.9.1.4.1 Incompatibilidades

La p-Cloroanilina puede generar reacciones muy vigorosas en presencia de ácido fuertes y agentes oxidantes fuertes como percloratos, peróxidos, permanganatos, cloratos, nitratos, cloro, bromo, fluor, ácido clorhídrico, sulfúrico y nítrico. Su descomposición térmica genera gases y vapores tóxicos como cloruro de hidrógeno y óxidos de nitrógeno <sup>(4,8,9)</sup>.

### 4.9.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

#### 4.9.2.1 PRODUCCIÓN

Se produce por hidrogenación a baja presión de 4-Cloronitrobenzoceno en fase líquida en presencia de una combinación de metales nobles y sulfuros de metales nobles como catalizadores. La adición de óxidos metálicos a la reacción ayuda a prevenir la pérdida del cloro del anillo conocida como dehalogenización. Las condiciones de operación para la producción incluyen presiones de entre 1000 y 10.000 kPa y temperaturas de entre 50 y 60 °C. Normalmente para esta reacción se usa tolueno o isopropanol como solvente. El rendimiento de la reacción es del orden del 98%; la corriente de productos del proceso se purifica por una posterior destilación de donde el catalizador y el solvente se recirculan al reactor <sup>(1,4)</sup>.

#### 4.9.2.2 APLICACIONES Y USOS

La p-Cloroanilina se usa como intermediario en la producción de una buena cantidad de productos que incluyen químicos para el agro, pigmentos y colorantes de tipo azo principalmente para la industria de los textiles, cosméticos y productos farmacéuticos <sup>(1,4)</sup>.

En la industria de agroquímicos se emplea en la fabricación de herbicidas e insecticidas como monuron, diflubenzuron y monolinuron. En la industria de colorantes se usa para producir el Rojo Ácido 119:1, el Pigmento Rojo 184 y el Pigmento Naranja 44, entre otros. En cosméticos es un precursor de clorhexidina que se usa en la fabricación de enjuagues bucales, triclocarban que tiene aplicaciones bactericidas en jabones y desodorantes y 4-clorofenol que presenta aplicaciones similares al anterior. En la década de 1990 la distribución del consumo de esta sustancia de acuerdo a sus usos comprendía un 60% en agroquímicos, 20% en cosméticos y 7,5% en colorantes; el 12,5% restante se empleó en una serie de productos o aplicaciones menores no definidos <sup>(2,4)</sup>.

### 4.9.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD <sup>(3,4,9)</sup>

#### Frases de Riesgo

**R45:** Puede causar cáncer

**R23/24/25:** Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel

**R43:** Posibilidad de sensibilización por contacto con la piel

**R50/53:** Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático

La p-Cloroanilina se absorbe, distribuye y metaboliza rápidamente. Una vez esta sustancia ingresa en el organismo se dirige principalmente al hígado (8%), los músculos (34%), la piel (12%), la sangre (7%) y los riñones (6%); estos niveles decaen en el transcurso de algunos días hasta desaparecer. El metabolismo de esta sustancia en el organismo humano sigue tres rutas principales: hidroxilación, N-acetilación y N-oxidación. La hidroxilación se realiza en la posición orto del anillo bencénico y genera 2-amino-5-clorofenol que se convierte posteriormente en sulfato de 2-amino-5-clorofenilo por conjugación de sulfatos; éste último se elimina del organismo por la orina. La n-acetilación se realiza en la sangre y produce 4-cloroacetanilina que se transforma en 4-cloroglicolanilida y posteriormente en ácido 4-clorooxánilico, también eliminado por vía renal en la orina. La tercera vía, la N-oxidación, produce primero 4-clorofenilhidroxilamina y luego 4-cloronitrosobenceno; esta última transformación se realiza en los glóbulos rojos de la sangre. Las vías metabólicas anteriores se ilustran en el siguiente esquema:



### 4.9.3.3 INGESTIÓN

Se presentan los mismos efectos observados debidos a la inhalación. Los signos de intoxicación que se observan por ingestión de p-Cloroanilina incluyen excitación, temblores, espasmos musculares y sensación de ahogo <sup>(3, 4, 9)</sup>.

### 4.9.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

La exposición crónica sobre la piel causa generación de alergia. Puede tener efectos sobre el vaso y se ha reportado que existe la posibilidad de generación de tumores <sup>(8)</sup>.

La exposición repetida a p-Cloroanilina genera cianosis de la piel seguida por efectos en la sangre, el hígado, el vaso y los riñones manifestados como cambios en los parámetros hematológicos, aumento en el tamaño del vaso (esplenomegalia) y acumulación de depósitos de hierro hemiacetálico en el hígado, los riñones y el vaso por causa de la ruptura de la hemoglobina en la sangre (hemólisis) <sup>(4)</sup>.

Estudios crónicos de inhalación en ratas con una duración de entre 3 y 6 meses han demostrado que se presentan desordenes en la sangre (hematológicos) en concentraciones del orden 1 mg/m<sup>3</sup>. El mismo tipo de problemas hematológicos se presentó luego de 13 semanas por una sola ingesta en otros estudios donde a los animales (ratas) se les administró una dosis de 5 mg/kg <sup>(4)</sup>.

### 4.9.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

Como se mencionó en las secciones anteriores, la p-Cloroanilina posee efectos adversos sobre el vaso, los riñones, el hígado y la sangre, pero además de esas implicaciones ya reportadas no se han encontrado estudios específicos relacionados con los efectos sistémicos de esta sustancia <sup>(3, 4, 9)</sup>.

## 4.9.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL<sub>50</sub> (Oral; ratones): 300 – 400 mg/kg <sup>(4)</sup>

DL<sub>50</sub> (Oral; conejillos de indias): 350 mg/kg <sup>(4)</sup>

CL<sub>50</sub> (Inhalación; ratas): 2.340 mg/m<sup>3</sup> <sup>(4)</sup>

### 4.9.4.1 CANCER

La p-Cloroanilina, junto con las otras mono-cloroanilinas, está incluida en la lista de sustancias posiblemente cancerígenas para los seres humanos de la IARC (International Agency for Research on Cancer) <sup>(5)</sup>.

Esta sustancia muestra el comportamiento cancerígeno típico de las anilinas, de acuerdo con estudios realizados sobre ratas para este efecto. Produce generación de tejido canceroso en huesos, vaso e hígado de ratas tratadas con dosis de 18 mg/kg durante 103 semanas; en el mismo estudio no se presentó generación de cáncer en concentraciones de prueba mas bajas (2 y 6 mg/kg), aunque en todos los casos se evidenció la aparición de tejidos potenciales de generación de tumores <sup>(4)</sup>.

### 4.9.4.2 MUTAGENESIS

La evidencia existente acerca del potencial genotóxico de esta sustancia no permite concluir si es o no una sustancia que posee actividad a nivel genético <sup>(4)</sup>.

### 4.9.4.3 EFECTOS REPRODUCTIVOS

La exposición a esta sustancia puede conllevar malformaciones del feto en desarrollo, no obstante no existe mayor información reportada <sup>(4, 9)</sup>.

## 4.9.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

#### 4.9.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

La contaminación aguda con p-Cloroanilina o sus soluciones puede requerir descontaminación y tratamiento médico de emergencia para las víctimas implicadas en el accidente.

##### 4.9.5.1.1 Exposición en Ojos

Si ha ocurrido contacto de esta sustancia o soluciones de ella con los ojos de una persona, éstos se deben lavar inmediatamente con agua en gran cantidad durante por lo menos 15 minutos levantando eventualmente los párpados superior e inferior para retirar la posible acumulación de sustancia en estas superficies. Si la víctima porta lentes de contacto en el momento del accidente, éstos se deben retirar de los ojos tratando de no generar heridas adicionales. La persona afectada debe recibir atención médica de forma inmediata <sup>(8,9)</sup>.

##### 4.9.5.1.2 Exposición en la Piel

La ropa contaminada con p-Cloroanilina o con soluciones de ella se debe retirar de forma inmediata. La zona afectada se debe lavar rápidamente con agua y jabón en abundancia. Si el grado de la exposición requiere la asistencia de otra persona, ésta debe llevar el equipo de seguridad apropiado para evitar la exposición. Las exposiciones severas requieren atención médica de forma rápida para evitar complicaciones posteriores de la salud <sup>(8,9)</sup>.

##### 4.9.5.1.3 Inhalación

La persona afectada se debe retirar de la zona de exposición lo más rápidamente posible. Si la víctima ha cesado de respirar se debe realizar el procedimiento de respiración artificial hasta que se recupere o hasta que llegue personal calificado de atención. En el caso de respiración dificultosa y si en las instalaciones existe equipo de respiración auxiliar con oxígeno, este procedimiento se debe administrar hasta la llegada de personal de atención de emergencias calificado <sup>(8,9)</sup>.

##### 4.9.5.1.4 Ingestión

La boca se debe enjuagar con suficiente agua. En todos los casos, la víctima se debe remitir para valoración médica inmediatamente <sup>(8)</sup>.

#### 4.9.5.2 INCENDIOS

Esta es una sustancia combustible, en presencia de llamas o suficiente calor puede hacer ignición liberando vapores y gases tóxicos. Para apagar incendios en los que se vea involucrada esta sustancia se recomienda usar polvo químico, agua atomizada, espuma o dióxido de carbono <sup>(8)</sup>.

#### 4.9.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS <sup>(8,9)</sup>

Si se derraman o escapan soluciones de p-Cloroanilina o p-Cloroanilina sólida, se deben realizar los siguientes procedimientos:

- Remover todas las fuentes de ignición de la zona cercana al derrame
- Los líquidos se deben absorber sobre materiales como vermiculita, arena o tierra y se deben depositar luego en contenedores sellados.
- El área de derrame se debe ventilar luego de realizar los procedimientos de limpieza.
- Los derrames de p-Cloroanilina se deben humedecer con agua para evitar la generación de polvo, posteriormente se deben barrer y almacenar en un recipiente cerrado.
- El personal que no porte equipo completo de seguridad se debe retirar de la zona de escape o fuga hasta que concluyan los procedimientos de limpieza.

#### 4.9.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN

No se han establecido concentraciones seguras para el trabajo en ambientes contaminados con esta sustancia, lo que no significa que no sea nociva para la salud <sup>(8,9)</sup>.

#### 4.9.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(9)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto de la piel con p-



Cloroanilina o con sus soluciones. Los empleados deben portar este mismo equipo de seguridad cuando estén expuestos de forma prolongada a soluciones de p-Cloroanilina de bajas concentraciones.

- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a p-Cloroanilina en forma sólida o como solución, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que soluciones de p-Cloroanilina o p-Cloroanilina sólida dispersa en el aire entre en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que soluciones de p-Cloroanilina o p-Cloroanilina sólida dispersa en el aire entre en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

#### 4.9.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(9)</sup>

Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación .

**Tabla 32. Protección respiratoria mínima para p-Cloroanilina en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima (OSHA)
Cualquier concentración detectable	Un respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva. Un respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva usado en combinación con un dispositivo auxiliar de respiración autocontenido operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Ingreso planeado o de emergencia en ambientes de concentración desconocida	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva
Lucha contra el fuego	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva
Evacuación	Cualquier aparato de respiración autocontenido apropiado para evacuación

*Tomado de "Occupational Health Guideline for Inorganic Lead; OSHA" <sup>(9)</sup>*

#### 4.9.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA <sup>(9)</sup>

Antes de trabajar con p-Cloroanilina, el personal se debe entrenar en su manejo y almacenamiento. Además debe estar entrenado en el uso del equipo de protección personal.

Por causa del riesgo de generación de fuego y explosiones en áreas de manejo de p-Cloroanilina se debe restringir la presencia de factores que sirvan como iniciadores de llama como cigarrillos, cortos circuitos, etc. Estas áreas deben poseer un buen sistema de ventilación para impedir la acumulación de vapores y gases tóxicos y explosivos.

Las áreas donde se efectúan operaciones de transformación de p-Cloroanilina debe poseer sistemas de ventilación local aparte de los sistemas de ventilación general del ambiente de trabajo para los operarios.

No se debe permitir la acumulación de esta sustancia en recintos cerrados como en el caso de drenajes debido al riesgo de explosión.

Mientras se manipule esta sustancia, los trabajadores no deben ingerir alimentos o bebidas ni tampoco fumar.

#### 4.9.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta)

**S53:** Evítese la exposición, recábense instrucciones especiales antes del uso

**S60:** Elimínese el producto y sus recipientes como residuos peligrosos

**S61:** Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la fichas de datos de seguridad

#### 4.9.8.2 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento se debe realizar en lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. Almacenar las menores cantidades posibles. Los contenedores vacíos se deben separar del resto. Inspeccionar regularmente la bodega para detectar posibles fugas o corrosión. El almacenamiento debe estar retirado de áreas de trabajo. El piso debe ser sellado para evitar la absorción.

#### 4.9.9 USOS Y CONTROLES

Se recomienda que en todos los eventos en los que interviene de alguna manera la p-Cloroanilina deben poseer aislamiento del proceso con ventilación general del área de procesamiento<sup>(9)</sup>.

#### 4.9.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE<sup>(4)</sup>

##### 4.9.10.1 AIRE

No es común encontrar esta sustancia en el aire por causa de su baja presión de vapor; no obstante aquella que alcanza la atmósfera se puede retirar por vía húmeda en la lluvia, neblina o rocío. La principal vía de degradación de la p-Cloroanilina en el aire es por causa su la reacción con radicales hidroxilo; la vida media por causa de esta reacciones es de solo 3,9 horas y por tal motivo el transporte de esta sustancia a escala global es despreciable.

##### 4.9.10.2 AGUA

La forma más común en el que la p-Cloroanilina alcanza el medio ambiente es a través de las vías de agua. No tiende a evaporarse a partir de soluciones acuosas. En condiciones adecuadas de luz, la p-Cloroanilina se degrada rápidamente generando principalmente 4-Cloronitrobenceno y 4-Cloronitrosobenceno. Si solo se debiera a esta reacción, la vida media correspondería a solo 20 horas. Es biodegradable en el agua por acción de microorganismos aeróbicos; en condiciones anaeróbicas no se presentan transformaciones apreciables. No existe hidrólisis de la p-Cloroanilina en agua. La degradación del 50% de una determinada cantidad en agua debida a la hidrólisis puede tardar hasta 3 años. La vida media influenciada por todos los posibles efectos que se pueden presentar se ha medido en 151 días para aguas de 1 metro de profundidad a temperatura de 20 °C.

##### 4.9.10.3 SUELO

La retención de la p-Cloroanilina en el suelo depende de factores como el tipo de suelo y el pH. La absorción se incrementa en suelos con mayor contenido orgánico y con bajos valores de pH. Por causa de estas variaciones, la evaporación de p-Cloroanilina desde el suelo posee un intervalo de entre 0,11% y 3,65% del total.

Bajo consecuencias poco favorables para la degradación abiótica o biótica, las fugas de p-Cloroanilina particularmente en suelos con bajo contenido de material orgánico y pH elevado pueden generar incrementos localizados en las concentraciones de esta sustancia.



#### 4.9.11 ECOTOXICIDAD <sup>(4)</sup>

Esta sustancia no se bioacumula en organismos acuáticos. Las plantas lo absorben a través de la raíz y se acumula en las paredes celulares. Los resultados de investigaciones publicadas sobre la toxicidad de la p-Cloroanilina en varios organismos acuáticos muestran que se puede clasificar en el intervalo de moderadamente tóxica a muy tóxica.

##### Toxicidad en Peces

Pez cebra (*Brochidario rerio*) NOEC, tres semanas: 1,8 mg/l

##### Toxicidad en Invertebrados

Pulga de agua (*Daphnia magna*) ECo, 48 horas: 0,013 mg/l

Pulga de agua (*Daphnia magna*) EC<sub>50</sub>, 48 horas: 0,31 mg/l

##### Toxicidad en Algas

Alga verde (*Scenedesmus subspicatus*) EC<sub>10</sub>: 0,03 mg/l

Alga verde (*Scenedesmus subspicatus*) EC<sub>50</sub>: 1,14 mg/l

##### Toxicidad en Bacterias

Bacteria bioluminiscente (*Photobacterium Phosporeum*) EC<sub>10</sub>, 30 minutos: 5,1 mg/l

#### 4.9.12 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 2; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Kirck & Othmer; Enciclopedia of Chemical Technology; Volumen 2, Hexanes to Ion Exchange; Interscience Publishers; Jhon Wiley & Sons, Inc.; New York, U.S.A.; 1966.
3. Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS substances, p-Chloroaniline [en línea]. Agosto de 1988, revisado en febrero de 1995 [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0320.htm>
4. World Health Organization (WHO). Concise Internacional Chemical Assessment Document 48, 4-Chloroaniline [en línea]. 2003 [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en [http://www.who.int/pcs/cicad/full\\_text/cicad48.pdf](http://www.who.int/pcs/cicad/full_text/cicad48.pdf)
5. Organización Internacional del Trabajo (OIT). List of IARC Evaluations According to IARC Monographs [en línea]. 1993 [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/liarclist.htm>
6. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Chemical Sampling Information, p-Chloroaniline [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado Junio de 1992 [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_226936.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_226936.html)
7. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Occupational Safety and Health Guideline for Aniline [en línea]. 1992 [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0033-rev.pdf>
8. Organización Internacional del Trabajo (OIT). International Chemical Safety Cards, 4-Chloroaniline [en línea]. Octubre de 2001 [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc00/icsc0026.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc00/icsc0026.htm)
9. New Jersey Department of Health and Senior Services. Hazardous Substance Fact Sheet, 4-Chloroaniline [en línea]. Agosto de 1987, revisado abril de 1998 [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en <http://www.state.nj.us/health/eoh/rtkweb/2964.pdf>

## 4.10

# Clorobenceno

- 4.10.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.10.1.1 SINONIMOS
  - 4.10.1.2 DESCRIPCION
  - 4.10.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.10.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.10.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.10.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.10.2 PRODUCCIÓN APLICACIONES Y USOS
  - 4.10.2.1 PRODUCCION
    - 4.10.2.1.1 Cloración de Benceno en Fase Líquida
    - 4.10.2.1.2 Otros Procesos
  - 4.10.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.10.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.10.3.1 INHALACION
  - 4.10.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.10.3.3 INGESTION
  - 4.10.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.10.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.10.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
- 4.10.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.10.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.10.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.10.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.10.5.1.3 Inhalación
    - 4.10.5.1.4 Ingestión
    - 4.10.5.1.5 Rescate
  - 4.10.5.2 INCENDIOS
  - 4.10.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.10.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

- 4.10.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.10.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
  
- 4.10.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.10.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.10.8.2 ALMACENAMIENTO
  
- 4.10.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.10.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.10.10.1 AIRE
  - 4.10.10.2 AGUA
  - 4.10.10.3 SUELO
  
- 4.10.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.10.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION
  
- 4.10.13 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.10.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(1, 3, 8, 10)</sup>

**Fórmula Molecular:** C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Cl

**Fórmula Estructural:**



**CAS:** 108 – 90 – 7

**Número UN:** 1134

**Clase de Riesgo Primario UN:** 3

##### 4.10.1.1 SINÓNIMOS <sup>(1)</sup>

Cloruro de Benceno; Cloruro de Fenilo; ClorBenceno; Clorobenzol; Monoclorobenceno; MCB; Chloorbenzeen (Holandés); Chlorobenzenu (Checo); Clorobenzene (Italiano); Monochloorbenzeen (Holandés); Monochlorbenzol (Alemán); Monoclorobenzene (Italiano).

##### 4.10.1.2 DESCRIPCIÓN

Los Bencenos Clorados son compuestos cíclicos aromáticos en los cuales los átomos de Hidrógeno del anillo bencénico son reemplazados por átomos de cloro. Esta sustitución genera 12 compuestos que incluyen el Monoclorobenceno, 3 formas isoméricas de Diclorobenceno, 3 formas isoméricas de Triclorobenceno, 3 formas isoméricas de Tetraclorobenceno, Pentaclorobenceno y Hexaclorobenceno <sup>(7)</sup>.

El Clorobenceno es un líquido incoloro e inflamable, con un olor aromático, similar al de las almendras. Es muy poco soluble en agua y se evapora rápidamente al ambiente. Es miscible en los solventes orgánicos más comunes y forma azeótropos. No se produce de forma natural en el ambiente <sup>(5, 6, 12)</sup>.

##### 4.10.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES <sup>(7, 11)</sup>

Ingrediente	Por Ciento	Peligroso
Clorobenceno	99 - 100%	Sí

No hay especificaciones comerciales para los Clorobencenos. El Monoclorobenceno comercial puro puede contener 0.05% o menos de Benceno y un poco más de 0.1% de Diclorobencenos. El 1, 2 – Diclorobenceno de grado técnico contiene un poco más de 19% de las otras dos formas isoméricas de DicloroBenceno, 1% de Triclorobencenos, y un poco más de 0.05% de Monoclorobenceno, mientras que el 1, 2 – Diclorobenceno purificado contiene más o menos 0.05% de Monoclorobenceno y 0.2% de 1, 2, 4 – Triclorobenceno. El 1, 4 – Diclorobenceno de grado técnico contiene un total de 0.1% de Mono y Triclorobencenos y 0.5% de cada uno de las otras formas isoméricas de Diclorobenceno. El 1, 2, 4 – Triclorobenceno comercial puede contener más o menos 0.1% de Monoclorobenceno, 0.5% de Diclorobencenos y 0.5% de Tetraclorobencenos.

##### 4.10.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(3, 11)</sup>

Tabla 33. Propiedades físicas para el Clorobenceno

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	112,56
Estado Físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C)	132
Punto de Fusión (°C)	- 45,6

**Tabla 33. Propiedades físicas para el Clorobenceno (continuación)**

PROPIEDAD	VALOR
Presión de Vapor (mmHg)	11,7; 20 °C
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,1058; 20 °C
Densidad del Vapor (Aire = 1)	3.9
pH	No Reportado
Solubilidad en agua (mg/L)	Insoluble
Log Kow	2,98
Koc	466
Constante de la Ley de Henry	0,377 kPa*m <sup>3</sup> /mol
Límites de Inflamabilidad (% vol)	1,3 – 9.6
Temperatura de autoignición (°C)	593
Punto de Inflamación (°C)	28

#### 4.10.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

Los Clorobencenos son sustancias neutras y térmicamente estables. Pueden ocurrir reacciones para reemplazar los Hidrógenos, (halogenación, sulfonación, alquilación y nitración), mediante la sustitución del cloro (hidrólisis). En el Clorobenceno, el átomo de Cloro está enlazado al anillo bencénico de forma muy firme y la única forma de sustituirlo es bajo condiciones energéticas. El Clorobenceno puede hidrolizarse hasta fenol usando hidróxido de Sodio acuoso a 360 – 390 °C a presiones elevadas o con vapor a 400 – 450 °C sobre fosfato de calcio. Reacciona con hidróxido de amonio a temperaturas elevadas y en presencia de catalizadores de cobre para producir anilina.

En sustituciones electrofílicas, como la nitración, la influencia directa de los átomos de Cloro permite la formación de derivados en los cuales se encuentran sustituciones en las posiciones orto y para principalmente <sup>(12)</sup>.

##### 4.10.1.5.1 Incompatibilidades

El contacto del Clorobenceno con oxidantes fuertes, sulfóxido de dimetilo, Sodio pulverizado, tricloruro de Fósforo y Sodio o perclorato de plata provoca incendio, explosión o reacción violenta, generando productos de descomposición peligrosos como gases tóxicos (cloruro de Hidrógeno, fosgeno y monóxido de carbono). Además, aunque es una sustancia estable, el calor, chispas y llamas abiertas contribuyen a la pérdida de dicha estabilidad <sup>(10)</sup>.

## 4.10.2 PRODUCCIÓN APLICACIONES Y USOS

### 4.10.2.1 PRODUCCIÓN <sup>(12)</sup>

La mayoría de Clorobenceno es producido actualmente en plantas de Benceno y cloro en operación continua. Dependiendo de la relación de Benceno a cloro escogida, se puede graduar una conversión de Benceno baja con una pequeña formación de diclorobenceno, o, una conversión casi completa de Benceno y alta producción de diclorobenceno. La composición de Clorobenceno más alta fue obtenida con un 4 – 5% de Benceno sin reaccionar, logrando un 73% de Clorobenceno con un 22 – 23% de Diclorobenceno.

#### 4.10.2.1.1 Cloración del Benceno en Fase Líquida

Industrialmente, los Clorobencenos son preparados mediante la reacción del Benceno líquido y cloro gaseoso en presencia de un catalizador a temperatura moderada y presión atmosférica. El cloruro de Hidrógeno es un subproducto de esta reacción. Generalmente se obtienen mezclas de isómeros y compuestos con diferentes grados de cloración, debido a que cualquier Clorobenceno puede ser clorado hasta la formación de hexaclorobenceno. La velocidad de cloración para cualquier compuesto clorado depende de su estructura y, debido a esto, el grado de cloración y el tamaño del isómero cambian continuamente durante el curso de la reacción. Mediante la alteración de las condiciones de reacción y el cambio de catalizador utilizado se puede variar la relación de los diferentes productos Clorados

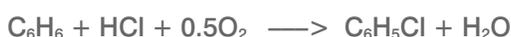
dentro de ciertos límites. Los ácidos de Lewis se utilizan como catalizadores principalmente. La temperatura óptima de reacción depende del grado de cloración deseado. El proceso de monoclорación se lleva a cabo a temperaturas de aproximadamente 20 – 80 °C.

#### 4.10.2.1.2 Otros Procesos de Cloración del Benceno

Se conocen también los procesos de:

- Cloración en fase gaseosa con cloro puro.
- Cloración en fase gaseosa o líquida con cloruro de Hidrógeno y aire, (oxiclорación).
- Cloración con compuestos Clorados.
- Electrólisis de Benceno y ácido hidrocлórico.

A excepción del proceso de oxiclорación, estos procesos no son industrialmente importantes. En este proceso, el vapor de Benceno y la mezcla de cloruro de Hidrógeno y aire reaccionan a una temperatura de 240 °C aproximadamente, en presencia de un catalizador ( $\text{CuCl}_2 - \text{FeCl}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  o  $\text{CuO} - \text{CoO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ). El principal producto es el Clorobenceno con un 6 – 10% de Diclorobenceno.



El proceso de electrólisis resulta tener una alta selectividad hacia el Clorobenceno (98%) y un rendimiento muy alto también (94%).

#### 4.10.2.2 APLICACIONES Y USOS

En general, los Clorobencenos, especialmente el monoclорobenceno, el 1, 2 – diclorobenceno y el 1, 2, 4 – triclorobenceno, son utilizados como solventes en reacciones químicas y para disolver materiales especiales como aceites, ceras, resinas, grasas y cauchos. También son empleados en formulaciones de pesticidas.

Grandes cantidades de Clorobenceno se someten a un proceso de nitración, y el producto obtenido se convierte en tintes, productos farmacéuticos, productos de protección de cultivos, químicos mediante el uso de intermedios como nitrofenol, nitroanisol, cloroanilina y fenilendiamina<sup>(12)</sup>.

#### 4.10.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### Frases de Riesgo<sup>(8)</sup>

**R10:** Inflamable

**R20:** Nocivo por inhalación

**R51/53:** Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático

Una exposición a Clorobenceno puede ocurrir en el área de trabajo o en ambientes donde se ha liberado al aire, agua, tierra o aguas subterráneas. También puede ocurrir cuando se hace uso de pinturas o removedores de pintura que contienen Clorobenceno o cuando se consumen alimentos contaminados. También puede ser absorbido por la piel, si esta entra en contacto con el Clorobenceno, aunque no permanece en el cuerpo debido a que se descompone y expulsa. Los efectos del Clorobenceno en la salud dependen de la cantidad y frecuencia de la exposición; también dependen del estado de salud en el momento de la exposición. El contacto con Clorobenceno líquido en concentraciones de 200 ppm puede causar irritación en la piel, los ojos, la nariz y la garganta. Una exposición a cantidades mayores de Clorobenceno puede causar efectos adversos en el sistema nervioso, inclusive inconciencia. Estos efectos desaparecen cuando se detiene la exposición y no ocurren a los niveles de concentración de Clorobenceno encontrados normalmente en el ambiente<sup>(2, 5, 10)</sup>.



Clorobenceno

La exposición aguda a Clorobenceno puede causar enrojecimiento e inflamación de los ojos y párpados, secreción nasal, dolor de garganta, enrojecimiento e irritación de la piel, dolor de cabeza, mareo, somnolencia, incoherencia, ataxia, pérdida del conocimiento, tic en las extremidades, respiración rápida y profunda y latidos irregulares <sup>(10)</sup>.

Todos los Clorobencenos se absorben fácilmente por los tractos gastrointestinal y respiratorio en el hombre y en los animales de experimentación y se ha descubierto que la posición de los átomos de cloro en la molécula influye en la absorción de esta sustancia. Los Clorobencenos se absorben menos fácilmente a través de la piel que por inhalación o después de una ingestión.

El metabolismo de los Clorobencenos en la especie humana y en los animales de experimentación sigue la vía de la oxidación microsómica para formar el clorofenoles. Estos clorofenoles se pueden excretar en la orina en forma de ácidos o conjugados de sulfato. La posición de los átomos de cloro en el anillo bencénico es también un factor importante del que depende la velocidad de metabolización y eliminación <sup>(7)</sup>.

#### **4.10.3.1 INHALACIÓN**

Se han reportado casos en los cuales trabajadores expuestos a concentraciones de Clorobenceno de 0,84 y 0,5 ppm han absorbido un 38% y 45% respectivamente de las cantidades de Clorobenceno presentes en la atmósfera. La exposición provoca somnolencia, dolor de cabeza, náusea y pérdida del conocimiento <sup>(6, 8)</sup>. Respirar grandes cantidades de Clorobenceno puede producir dolor de cabeza, espasmos musculares y efectos adversos en la médula ósea. Se reporta que el umbral de percepción del Clorobenceno es de 0,21 ppm <sup>(10)</sup>.

#### **4.10.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS**

El Clorobenceno se puede absorber a través del contacto con la piel. Este contacto causa deshidratación y enrojecimiento además de aspereza. El contacto de Clorobenceno con los ojos provoca enrojecimiento e irritación <sup>(8)</sup>.

#### **4.10.3.3 INGESTIÓN**

El Clorobenceno se absorbe rápidamente por el tracto gastrointestinal. Se ha reportado que aproximadamente se absorbe un 31% del Clorobenceno suministrado a voluntarios bajo estudio <sup>(6)</sup>.

La ingestión de Clorobenceno causa dolor abdominal y otros síntomas similares a los provocados por la inhalación <sup>(8)</sup>.

#### **4.10.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

Estudios de laboratorio indican que la exposición crónica a Clorobenceno en cantidades pequeñas en el aire afecta el sistema nervioso, manifestándose con dolor de cabeza, mareo y somnolencia. La exposición crónica a grandes cantidades puede afectar el hígado, los riñones y la sangre. El contacto repetido o prolongado con la piel puede causar quemaduras <sup>(2, 10)</sup>.

#### **4.10.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

##### **4.10.3.5.1 Cardiovasculares**

No se encontraron estudios referidos a los efectos cardiovasculares de la exposición, ingestión o contacto con Clorobenceno <sup>(6)</sup>.

##### **4.10.3.5.2 Hematológicos**

Con base en un pequeño número de estudios realizados, se ha reportado que el Clorobenceno puede causar cambios hematológicos, pero estos efectos pueden no ser indicadores de la toxicidad del Clorobenceno. No se encontraron estudios referidos a los efectos hematológicos causados por el contacto con Clorobenceno <sup>(6)</sup>.

##### **4.10.3.5.3 Musculares**

No se encontraron estudios referidos a los efectos musculares de la exposición, ingestión o contacto con Clorobenceno <sup>(6)</sup>.

#### 4.10.3.5.4 Hepáticos

No se encontró información que indique daños severos al hígado causados por exposición aguda a vapor de Clorobenceno. Estudios hechos en animales indican que el hígado es susceptible a sufrir daños por la ingestión de Clorobenceno. No se encontraron estudios referidos a los efectos hepáticos causados por el contacto con Clorobenceno sobre la piel <sup>(6)</sup>.

#### 4.10.3.5.5 Renales

Una pequeña cantidad de estudios demuestran que los riñones son órganos sensibles a la exposición de Clorobenceno de forma crónica. Estudios hechos en animales demuestran que el Clorobenceno puede causar daño en los riñones por ingestión de dosis similares a las que producen efectos adversos en el hígado. No se encontraron estudios referidos a los efectos renales causados por el contacto con Clorobenceno <sup>(6)</sup>.

#### 4.10.3.5.6 Endocrinos

No se encontraron estudios referidos a los efectos endocrinológicos de la exposición, ingestión o contacto con Clorobenceno.

#### 4.10.3.5.7 Inmunológicos

No se encontraron estudios referidos a los efectos inmunológicos de la exposición, ingestión o contacto con Clorobenceno <sup>(6)</sup>.

#### 4.10.3.5.8 Neurológicos

El Clorobenceno afecta el sistema nervioso central. La exposición intermitente por cerca de 2 años a niveles por encima de los límites permisibles muestra signos de neurotoxicidad incluyendo insensibilización, cianosis (causada por la depresión en el sistema respiratorio), hiperestesia (sensibilidad excesiva y dolorosa) y espasmos musculares. El potencial de producción de efectos en el sistema nervioso del Clorobenceno no se ha podido determinar cuantitativamente. No se encontraron estudios referidos a los efectos neurológicos causados por el contacto con Clorobenceno <sup>(6)</sup>.

### 4.10.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

CL<sub>50</sub> (inhalación, ratas): 13490 mg/m<sup>3</sup>/ 6 horas por 14 días <sup>(7)</sup>

CL<sub>50</sub> (inhalación, ratones): 8581 mg/m<sup>3</sup>/ 6 horas por 14 días <sup>(7)</sup>

DL<sub>50</sub> (ingestión, ratas): 4000 mg/kg <sup>(7)</sup>

No se sabe si el Clorobenceno provoca cáncer. La Agencia de Protección del Ambiente (EPA) ha determinado que el Clorobenceno no es clasificable como sustancia cancerígena, basado en evidencia de estudios hechos en animales y humanos <sup>(5)</sup>.

No se encontraron estudios referidos a los efectos en el desarrollo en humanos de la exposición, ingestión o contacto con Clorobenceno <sup>(6)</sup>.

No se encontraron estudios referidos a los efectos reproductivos de la exposición, ingestión o contacto con <sup>(6)</sup>.

No se encontraron estudios referidos a los efectos genotóxicos de la exposición, ingestión o contacto con Clorobenceno <sup>(6)</sup>.

### 4.10.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

#### 4.10.5.1 PRIMEROS AUXILIOS <sup>(10)</sup>

En el evento de una emergencia, se debe buscar atención médica inmediata para las víctimas que se encuentren severamente afectadas o para aquellas que presenten signos y síntomas de toxicidad e irritación. Cualquier víctima que se encuentre inconsciente, se debe mantener caliente y recostada sobre un costado para evitar ahogamiento si se produce vómito.

C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Cl

Clorobenceno

#### **4.10.5.1.1 Exposición en Ojos<sup>(10)</sup>**

Si Clorobenceno entra en contacto con los ojos, deben lavarse inmediata y cuidadosamente con grandes cantidades de agua por lo menos durante 15 minutos, levantando el párpado superior e inferior ocasionalmente para retirar la posible acumulación de Clorobenceno en estas superficies. Los empleados u operarios que manipulen esta sustancia no deben portar lentes de contacto. Si la víctima porta lentes de contacto en el momento del accidente, éstos se deben retirar de los ojos tratando de no generar heridas adicionales.

#### **4.10.5.1.2 Exposición en la Piel<sup>(10)</sup>**

Si Clorobenceno entra en contacto con la piel, lavar la piel inmediatamente con agua y jabón. Si la ropa se contamina con Clorobenceno, ésta se debe remover inmediatamente y se debe lavar la piel con jabón y agua.

#### **4.10.5.1.3 Inhalación<sup>(10)</sup>**

Mover a las víctimas hacia áreas donde puedan respirar aire fresco, permitir descanso y recibir atención médica. Si la víctima no respira, se debe remover cualquier residuo de químicos en los labios y se debe suministrar el procedimiento de Resucitación Cardiopulmonar (CPR); si se dificulta la respiración, se debe suministrar oxígeno por medio de una máscara.

#### **4.10.5.1.4 Ingestión<sup>(10)</sup>**

Si se ingiere Clorobenceno o cualquier material que lo contenga, se deben llevar a cabo los siguientes procedimientos:

- Enjuagar la boca con agua.
- Beber un vaso (8 onzas aproximadamente) de agua.
- No se debe forzar a una persona inconsciente a beber agua o a vomitar.

#### **4.10.5.1.5 Rescate<sup>(10)</sup>**

Si un trabajador se encuentra incapacitado debido a la exposición, se debe retirar del lugar de exposición. Se deben poner en práctica los procedimientos de rescate de emergencia establecidos. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, todos los trabajadores deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

#### **4.10.5.2 INCENDIOS<sup>(10)</sup>**

El Clorobenceno es una sustancia inflamable, y su combustión produce gases irritantes y tóxicos, por lo tanto no se debe exponer a llamas abiertas, chispas ni se debe fumar cerca de cualquier fuente de Clorobenceno o almacenamiento del mismo.

En caso de un incendio en el que este involucrado el Clorobenceno, este se debe tratar desde la máxima distancia posible, se debe usar polvo químico seco, espuma, agua atomizada o dióxido de carbono. Es necesario restringir el área y negar el acceso a personal innecesario. El personal de emergencia debe permanecer alejado de áreas bajas y se deben ventilar los espacios cerrados antes de entrar en ellos. Pueden ocurrir explosiones de vapores con peligro de envenenamiento en interiores, exteriores o en las alcantarillas.

Los vapores pueden transportarse hacia fuentes de ignición. Debido a que los contenedores de Clorobenceno pueden explotar a causa del calor generado en el incendio, estos se deben retirar del área si es posible hacerlo de forma segura. Si no es posible, es necesario mantenerlos refrigerados con agua hasta que sea controlado el incendio. Se debe permanecer alejado de los contenedores. El personal debe retirarse de forma inmediata con cualquier indicio de incendio. Se deben construir diques para la recolección del agua utilizada durante la extinción del incendio, para su disposición final. Si un carro tanque se ve involucrado en el incendio, se debe aislar un área de 900 metros a la redonda. Los bomberos deben usar ropa de protección y aparatos de respiración auto contenida<sup>(8, 10)</sup>.

### 4.10.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS <sup>(10)</sup>

Si se derrama o libera Clorobenceno, se deben realizar los siguientes procedimientos:

- No tocar el material derramado.
- Notificar al personal de seguridad.
- Retirar cualquier posible fuente de calor o ignición.
- Ventilación del área de fuga o derrame.
- El uso de agua atomizada puede ayudar a reducir el nivel de vapores en el aire, pero no previene la ignición en espacios cerrados.
- Para derrames pequeños, tratar el material derramado con arena u otros materiales no combustibles similares. Y almacenar en contenedores para su disposición final.
- Para derrames líquidos grandes, se debe construir diques que lo conduzcan lejos del área de trabajo para su disposición final.

En el evento de un derrame o fuga de Clorobenceno, las personas que no tengan puesto equipo y ropa protectoras se deben restringir de las áreas de fugas hasta que la limpieza se haya completado.

### 4.10.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 10 ppm; 46mg/m<sup>3</sup> (1996) <sup>(8, 9, 10)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 75 ppm; 350 mg/m<sup>3</sup> (2000) <sup>(9, 10)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 75 ppm; 350 mg/m<sup>3</sup> (2000) <sup>(9, 10)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

### 4.10.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(10)</sup>

- Se debe usar ropa de protección (guantes, botas y delantales apropiados) para prevenir el contacto de Clorobenceno con la piel. Se debe seleccionar ropa de protección para químicos peligrosos de acuerdo al desempeño mostrado por el material en diversos estudios. El Polivinil Alcohol y el Teflón por ejemplo, han demostrado tener una resistencia al rompimiento de aproximadamente 4 a 8 horas.
- Si el Clorobenceno se disuelve en un material orgánico, se deben considerar las propiedades de permeabilidad de la mezcla a la hora de seleccionar el material de la ropa de protección personal.
- Durante cualquier operación en la cual el Clorobenceno pueda entrar en contacto con los ojos, se debe usar gafas o pantallas faciales. Se debe disponer de duchas y lavaojos en el área de trabajo donde exista peligro de una exposición o contacto con el Clorobenceno. No debe permitirse el uso de lentes de contacto si existe la posibilidad de contacto con Clorobenceno en el área de trabajo.

#### 4.10.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(10)</sup>

Como buena práctica de higiene industrial se recomienda que se usen controles de ingeniería para reducir las concentraciones de materiales peligrosos en el ambiente hasta niveles de exposición permisibles. Sin embargo, existen algunas excepciones donde se puede requerir el uso de respiradores para controlar la exposición. Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) si la concentración de Clorobenceno excede los niveles de exposición permisibles. Los respiradores se deben usar (1) después de haberse instalado los controles de ingeniería, (2) durante las operaciones de trabajo como mantenimiento y reparación de equipos, (3) durante operaciones que requieran entrar en los tanques de almacenamiento y (4) durante emergencias.



Además de la selección del respirador, debe ser instituido un programa completo de protección respiratoria. El programa debe incluir como mínimo, una evaluación del desempeño del trabajador al usar el respirador, el entrenamiento regular al personal, monitoreo periódico del ambiente, evaluación adecuada, mantenimiento, inspección y limpieza. La implementación de un programa adecuado de protección respiratoria, incluyendo la selección del respirador correcto, requiere que una persona con suficientes conocimientos se encuentre a cargo del programa y de su evaluación periódica.

**Tabla 34. Propiedad respiratoria mínima para Clorobenceno en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Desde 75 ppm (OSHA)
Concentración de hasta 1000 ppm.	Cualquier respirador de cartucho químico con pieza facial completa y un cartucho para vapores.
Concentración menor o igual 2400 ppm	Una máscara de gases con cilindro para vapores orgánicos. Cualquier respirador de aire con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa.
Concentraciones desconocidas.	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva. Un respirador combinado que incluya un respirador con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión o algún otro modo de presión positiva y un aparato de respiración autocontenido auxiliar operado en modo de demanda de presión o algún otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier respirador de purificación de aire con pieza facial completa provista de protección contra vapores orgánicos. Cualquier aparato de respiración autocontenido para evacuación.

Tomada de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Chlorobenzene" (10)

#### 4.10.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

El personal encargado de manipular Clorobenceno se debe lavar las manos, antebrazos y rostro con agua y jabón antes de comer, fumar, hacer uso del baño o cosméticos. No se debe permitir realizar cualquiera de estas actividades en las áreas en las cuales se manipula, procesa o almacena Clorobenceno.

Las personas encargadas de la limpieza de la ropa previamente contaminada con Clorobenceno deben conocer las características peligrosas de la sustancia, especialmente el hecho de la irritabilidad que presenta en la piel y ojos<sup>(10)</sup>.

##### 4.10.8.1 FRASES DE SEGURIDAD<sup>(8)</sup>

**S2:** Manténgase fuera del alcance de los niños

**S24/25:** Evítese el contacto con los ojos y la piel

**S61:** Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad

##### 4.10.8.2 ALMACENAMIENTO

Los Clorobencenos son sustancias neutras y estables que se pueden almacenar en fase líquida en contenedores de acero, y se pueden transportar en barcos o trenes dentro de los contenedores. Se debe incorporar un sistema de

compensación de gases y protección contra cargas electrostáticas. El vapor de Clorobenceno forma mezclas inflamables con el aire. No se debe permitir la fuga de Clorobenceno hacia aguas subterráneas <sup>(12)</sup>.

El Clorobenceno se debe almacenar en áreas frescas, secas y adecuadamente ventiladas en contenedores sellados y etiquetados apropiadamente. Se recomienda el almacenamiento en exteriores o en áreas aisladas; el almacenamiento en interiores se debe hacer en habitaciones diseñadas especialmente para sustancias inflamables. Los contenedores se deben proteger de cualquier daño físico y se deben colocar separadamente de todos los materiales que presentan incompatibilidad con el Clorobenceno, además de cualquier fuente de calor, chispas o llamas abiertas. Sólo se debe permitir el uso de herramientas que no produzcan chispas a la hora de trabajar en las áreas cercanas a la sustancia. Los contenedores deben estar dispuestos con conexiones a tierra para prevenir la acumulación de energía electrostática y la generación de chispas. Los envases de este material pueden ser peligrosos cuando están vacíos ya que retienen residuos del producto (vapores, líquido); observe todas las advertencias y precauciones que se listan para el producto <sup>(10, 11)</sup>.

#### 4.10.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES <sup>(10)</sup>

**Tabla 35. Usos, generación y control de emisiones de Clorobenceno**

Uso / Generación	Control
Utilizado en la producción de Fenol en síntesis de materiales poliméricos.	Extrema ventilación local
Utilizado como intermediario en la producción de orto y para Nitrobencenos para su uso en la industria de tintes; en la producción de DDT, anilina, Ácido Pírico, Beta Cloroantraquinona y otros químicos; la producción de adhesivos de caucho y adhesivos.	Proceso contenido.
Utilizado como agente en el procesamiento textil.	Extrema ventilación local.
Utilizado como removedor de grasas en operaciones de limpieza.	Extrema ventilación local, ventilación general mecánica, equipo de protección personal.
Utilizado como solvente en recubrimientos y removedores de recubrimientos.	Proceso contenido; extrema ventilación local; equipo de protección personal.
Utilizado en la fabricación de Disocianatos, cauchos, perfumes y fármacos.	Extrema ventilación local.

#### 4.10.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

No hay información que indique que el Clorobenceno se produce de forma natural. El Clorobenceno entra a la atmósfera en las emisiones provenientes de industrias de pesticidas y otras industrias que utilizan la sustancia como solvente. También es liberado durante la disposición de basuras industriales. Las concentraciones de Clorobenceno en la atmósfera son inferiores a 0.02 ppb en áreas rurales y de aproximadamente 0.8 ppb en las ciudades.

Debido a que el Clorobenceno es volátil, la evaporación es un proceso muy importante de transporte desde el agua y el suelo hacia el aire. La sustancia se puede adsorber de forma moderada en los sedimentos orgánicos. Si se libera a suelos húmedos, la mayoría del Clorobenceno se volatiliza a la atmósfera; si se libera a suelos arenosos, se espera que se mueva hasta aguas subterráneas; esta es una sustancia que no se biodegradará o lo hace de forma muy lenta <sup>(3)</sup>.



La eliminación de los Clorobencenos del medio ambiente se efectúa principalmente mediante mecanismos biológicos y, en menor medida, por otros sistemas; sin embargo, se considera que su presencia es moderadamente persistente en el agua, el aire y los sedimentos. Se ha informado que su tiempo de permanencia en el agua es de un día en la de río y de más de 100 días en la subterránea. En el aire, las vías predominantes de degradación del Clorobenceno son las reacciones químicas y fotolíticas, con tiempos de permanencia que oscilan entre 13 y 116 días. Se ha demostrado que muchos microorganismos presentes en los sedimentos y los fangos cloacales degradan los Clorobencenos. Los compuestos con mayor número de átomos de cloro se descomponen menos fácilmente, y en caso de que se presente su degradación, tal proceso sólo tiene lugar en condiciones aerobias. El DCB, los TCB y los PeCB presentes en el suelo y en el agua subterránea en condiciones anaerobias suelen resistir la degradación microbiana.

La evaluación del riesgo en la actualidad pone de manifiesto también que las concentraciones actuales de Clorobencenos en el medio ambiente representan un riesgo insignificante para la población general, excepto en el caso de uso indebido de productos que contienen Clorobenceno o de su liberación incontrolada en el medio ambiente. Sin embargo, esta valoración se basa en datos limitados de vigilancia, y se necesita más información para justificar esta conclusión. Se debería considerar, sin embargo, la posibilidad de reducir el uso y la eliminación generalizados de Clorobenceno por los siguientes motivos:

- El Clorobenceno puede actuar como precursor de la formación de dibenzodioxinas policloradas/dibenzofuranos policlorados (DDPC/DFPC), por ejemplo en los procesos de incineración.
- Estos productos químicos pueden ocasionar alteraciones del sabor y el olor del agua de consumo y del pescado.
- Los residuos persisten en los sedimentos y suelos anaerobios ricos en materia orgánica y en el agua subterránea.

#### **4.10.10.1 AIRE**

Se ha estimado la vida media en 9 días, pero bajo condiciones atmosféricas simuladas se estimó una vida media de 20 a 40 horas. El mecanismo predominante de remoción de Clorobenceno de la atmósfera, es la reacción con radicales hidroxilo generados fotoquímicamente. Ya que el Clorobenceno absorbe la luz en la región comprendida entre 290 y 310 nm, se sugiere la fotólisis como mecanismo adicional, pero lento, para su degradación, que resulta en la producción de Monoclorobifenilo. En la atmósfera, la fotólisis ocurrirá en el curso de un mes aproximadamente <sup>(3)</sup>.

#### **4.10.10.2 AGUA**

Los Clorobencenos que se liberan en el medio acuático se redistribuyen de manera preferente en el aire y en los sedimentos (sobre todo en los ricos en materia orgánica). Son limitadas las informaciones según las cuales en los sedimentos se han detectado niveles 1000 veces superiores a los del agua, en particular en regiones muy industrializadas. Hay pruebas limitadas que indican que los residuos unidos a los sedimentos están disponibles biológicamente para los organismos, es decir, que los invertebrados acuáticos pueden captar residuos de los sedimentos <sup>(7)</sup>.

El principal proceso del Clorobenceno en el agua es la vaporización y la biodegradación. Se han reportado valores de vida media del Clorobenceno en el agua de 0.3 días en ríos; 1 a 2 horas en corrientes de flujo rápido; y 75 días en sedimentos en estuarios bajo condiciones naturales.

La biodegradación ocurrirá en climas cálidos, particularmente con microorganismos aclimatados que actúan más rápidamente en agua fresca que en sistemas marinos y estuarios. La vida media de biodegradación del Clorobenceno se estimó en 150 días en agua de río y 75 días en sedimentos. La fotólisis directa no es un proceso significativo para la remoción de Clorobenceno de superficies acuáticas (vida media de 170 años aproximadamente) <sup>(3)</sup>.

### 4.10.10.3 SUELO

Se espera que la vaporización sea el principal proceso de remoción de Clorobenceno de la superficie del suelo. El Clorobenceno puede adsorberse en el suelo y permanecer allí el tiempo suficiente para que ocurra biodegradación. Los productos principales de la biodegradación son el 2 - y 4 - Clorofenol <sup>(3)</sup>.

La retención de Clorobencenos en el suelo aumenta con el contenido de éste en la materia orgánica; existe una correlación positiva entre el grado de cloración del compuesto y su adsorción en la materia orgánica. Hay pruebas limitadas que indican que los residuos unidos a los sedimentos están disponibles biológicamente para los organismos, es decir, que las plantas del suelo pueden captar residuos de los sedimentos <sup>(7)</sup>.

### 4.10.11 ECOTOXICIDAD <sup>(7)</sup>

Organismos Acuáticos:

*Invertebrados:* *Daphnia magna*, LC<sub>50</sub>: 51.6 mmol/m<sup>3</sup>; 48h; letal

*Mysidopsis bahia*, LC<sub>50</sub>: 16.4 mg/l; 96h; letal

*Peces:* *Salmo gairdneri*, LC<sub>50</sub>: 4.1 mg/l; 48h, letal

*Leponimis macrochirus*, LC<sub>50</sub>: 16 mg/l; 96h; letal

*Cyprinodon variegatus*, LC<sub>50</sub>: 10 mg/l; 96h; letal

### 4.10.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

Teniendo en cuenta que el Clorobenceno es un material peligroso, su disposición se debe realizar de una forma cuidadosa. El Clorobenceno o solventes que lo contengan se pueden tratar en incineradores de inyección líquida, de lecho fluidizado o de hornos rotatorios <sup>(6)</sup>.

### 4.10.13 BIBLIOGRAFÍA

1. United States Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS Substances, Chlorobenzene [en línea]. Enero de 1989 [citado julio 31 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0399.htm>
2. United States Environmental Protection Agency (EPA). Chemicals in the Environment. Chlorobenzene [en línea]. Enero de 1995 [citado mayo 31 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/chlor-fs.txt>
3. United States Environmental Protection Agency (EPA). Chemicals in the Environment. Chlorobenzene [en línea]. Enero de 1995 [citado julio 31 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/chlor-sd.txt>
4. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Minimal Risk Levels for Hazardous Substances, [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Enero de 2003 [citado julio 31 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Managing Hazardous Material Incidents, Chlorobenzene [en línea]. Agosto de 1996 [citado julio 31 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts131.pdf>
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Toxicological Profile, Chlorobenzene [en línea]. Diciembre de 1990 [citado julio 31 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp131.pdf>
7. Organización Mundial de la Salud (OMS). Environmental Health Criteria 128, Chlorobenzene [en línea]. 1991 [citado en julio 31 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc128.htm>



8. Organización Mundial de la Salud (OMS). *International Chemical Safety Cards, Chlorobenzene* [en línea]. Abril de 2003 [citado en julio 31 de 2003].
9. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Chemical Sampling Information, Chlorobenzene* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado mayo de 2000 [citado Julio 31 de 2003]. Disponible [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_227000.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_227000.html)
10. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Occupational Safety and Health Guideline for Chlorobenzene* [en línea]. 1978 [citado julio 31 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0121.pdf>
11. jtbaker, el link es <http://www.jtbaker.com/msds/spanishhtml/C2475.htm>
12. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; *Ullman 's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 6; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.*

---

Clorobenceno

## 4.11

### Dicromato de Sodio

- 4.11.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.11.1.1 SINONIMOS
  - 4.11.1.2 DESCRIPCION
  - 4.11.1.3 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.11.1.4 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.11.1.4.1 Incompatibilidades
- 4.11.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.11.2.1 PRODUCCION
  - 4.11.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.11.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.11.3.1 INHALACION
  - 4.11.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.11.3.3 INGESTION
  - 4.11.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.11.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.11.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
- 4.11.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.11.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.11.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.11.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.11.5.1.3 Inhalación
    - 4.11.5.1.4 Ingestión
    - 4.11.5.1.5 Rescate
  - 4.11.5.2 INCENDIOS
  - 4.11.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.11.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
- 4.11.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.11.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

4.11.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS  
A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

4.11.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

4.11.8.2 ALMACENAMIENTO

4.11.9 USOS Y CONTROLES

4.11.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

4.11.10.1 AIRE

4.11.10.2 AGUA

4.11.10.3 SUELO

4.11.11 ECOTOXICIDAD

4.11.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

4.11.13 BIBLIOGRAFÍA

**4.11.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA** <sup>(1,2)</sup>**Fórmula Molecular:** Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>; Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>·2H<sub>2</sub>O**CAS:** 10588-01-9 Anhidro; 7789-12-0 Dihidratado**Número UN:** 3288 Anhidro; 3290 Dihidratado**Clase de Riesgo Principal UN:** 5.1, Anhidro; 6.1, Dihidratado**Clase de Riesgo Secundario UN:** 8, Dihidratado**4.11.1.1 SINÓNIMOS** <sup>(1,3)</sup>**Dicromato de Sodio Anhidro:** Sal Disódica del Acido Dicrómico; BiCromato de Sodio**Dicromato de Sodio Dihidratado:** BiCromato de Sodio Dihidratado; Sal disódica del Acido Dicrómico Dihidratado; Sal de DiSodio Dihidratado.**4.11.1.2 DESCRIPCIÓN** <sup>(1,2,3)</sup>

Tanto el Dicromato de Sodio Anhidro como el Dihidratado son sólidos delicuescentes cuyos cristales presentan coloración roja anaranjada y sin olor característico a temperatura ambiente. Son sustancias corrosivas y fuertemente oxidantes.

**4.11.1.3 PROPIEDADES FÍSICAS**

Tabla 36. Propiedades físicas para el Dicromato de Sodio

PROPIEDAD	Na <sub>3</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>(1)</sup>	Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·2H <sub>2</sub> O <sup>(2)</sup>
<b>Peso Molecular (g/mol)</b>	262	298
<b>Punto de Ebullición (°C)</b>	400 (descomposición)	400 (descomposición)
<b>Punto de Fusión (°C)</b>	357	357
<b>Presión de Vapor (mmHg)</b>	No Reportada	0; 20 °C
<b>Gravedad Específica (Agua = 1)</b>	2,5	2,34
<b>Densidad del Vapor (Aire = 1)</b>	No Reportada	No Reportada
<b>pH</b>	No Reportado	3,5 (1% solución)
	No Reportada	4,0 (10% solución)
<b>Solubilidad en Agua (g/100g H<sub>2</sub>O)</b>	236; 20 °C	236; 20 °C
<b>Límites de Inflamabilidad (% vol)</b>	No Reportados	No Reportados
<b>Temperatura de Autoignición (°C)</b>	No Reportada	No Reportada
<b>Punto de Inflamación (°C)</b>	No Reportado	No Reportado

**4.11.1.4 PROPIEDADES QUÍMICAS**

El Dicromato de Sodio Dihidratado es una sustancia estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento. Cuando se quema puede producir óxidos de Cromo. Se debe tener cuidado ya que ataca muchos metales, textiles, cuero, plásticos, caucho y recubrimientos y puede causar ignición espontánea en su presencia. No es combustible pero es un material fuertemente oxidante y su calor de reacción con agentes

reductores o combustibles puede provocar ignición. El contacto con sustancias oxidables puede provocar combustión extremadamente violenta. Los oxidantes fuertes pueden explotar cuando son agitados o expuestos al calor, llamas, o fricción. También pueden actuar como fuente de iniciación para explosiones de polvo o vapores <sup>(2, 3)</sup>.

El Dicromato de Sodio Anhidro es un oxidante fuerte y reacciona con materiales combustibles y reductores. La solución en agua es un Acido débil. Reacciona violentamente con Hidracina. No es combustible, pero el contacto con otras sustancias puede causar generación de fuego. Presenta riesgo de explosión al contacto con sustancias combustibles <sup>(1)</sup>.

#### **4.11.1.4.1 Incompatibilidades <sup>(1,2,3)</sup>**

Tanto el Dicromato de Sodio Dihidratado como el Anhidro presentan incompatibilidades similares. El contacto con cualquier combustible orgánico u otro material rápidamente oxidable como papel, madera, Azufre, Aluminio, plásticos entre otros, puede causar incendios y explosiones.

Se debe evitar el contacto con Hidracina, Anhídrido Acético, Etanol, Trinitrotolueno, Hidroxilamina, Acidos fuertes, materiales oxidables especialmente en presencia de soluciones ácidas, cualquier combustible u otro material orgánico oxidable, además de cualquier fuente de calor.

### **4.11.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS**

#### **4.11.2.1 PRODUCCIÓN <sup>(6)</sup>**

El Dicromato de Sodio se fabrica por calcinación de mineral de Cromo usando cenizas de soda o estas en combinación con cal. El mineral de Cromo se seca y se muele usando un molino de bolas, hasta que el 90 – 98% pasa a través de una malla 200. El mineral pulverizado se mezcla con ceniza de soda en la proporción correcta con tal de prevenir la disolución del aluminato de Sodio en el lixiviado. Debido al punto de fusión, la fase líquida se produce en un calcinador, generalmente se incluye un disolvente en la mezcla para controlar que la proporción de líquido / sólido esté en un valor lo suficientemente bajo para garantizar una buena operación del horno. El diluyente que se usa en la mayoría de los casos es el residuo de tierra seca proveniente de la anterior operación. Si la composición del residuo varía con el tiempo debido a cambios en la composición del mineral o por otras razones, se deben hacer ciertos ajustes apropiados en las proporciones de mineral / ceniza de soda / cal para compensar. Una mezcla típica es: mineral, 24 puntos; ceniza, 15 puntos; cal, 12 puntos; residuo, 49 puntos.

Después, la mezcla se calcina en hornos rotatorios de aceite en los cuales se mantiene una atmósfera oxidante. La temperatura se mantiene controlada en 1100 – 1150 °C. El tiempo de duración del material en el horno es de aproximadamente 4 horas. La velocidad de oxidación se incrementa con la temperatura, pero esta es limitada por la tendencia a la formación de anillos o bolas en el interior del horno, además por la pérdida de alcalinidad por volatilización y por el deterioro en el recubrimiento refractario.

El producto del horno pasa a través de un enfriador rotatorio donde se refrigera y se precalienta el aire utilizado en el horno. El producto enfriado, se lixivia para disolver el Cromato de Sodio. Se recircula parte del residuo de la lixiviación después de secarse y molerse a tamaño de malla 100 para ser usado como disolvente. El resto se desecha generalmente, aunque algunas veces se seca, muele y mezcla con más soda y se vuelve a calcinar y lixiviar.

Si el producto contiene una cantidad apreciable de aluminato de Sodio, se debe tratar para removerlo.

La solución de Cromato de Sodio se concentra por evaporación si es necesario y se trata mezclándolo con Acido sulfúrico para obtener un pH de aproximadamente 3.



Parte del Sulfato de Sodio se separa de la solución por decantación. La solución va entonces a un evaporador de triple efecto para concentración. El Sulfato de Sodio es prácticamente insoluble en soluciones fuertes de Dicromato de Sodio.

#### 4.11.2.2 APLICACIONES Y USOS <sup>(5,6)</sup>

El Dicromato de Sodio se produce directamente, a partir de mineral de Cromo, y junto con el Cromato de Sodio es la principal materia prima en la elaboración de otros compuestos de Cromo, particularmente el óxido de Cromo IV.

#### 4.11.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD <sup>(1,2,3)</sup>

##### Frases de Riesgo

##### Dicromato de Sodio Anhidro <sup>(1,4)</sup>

**R8:** Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.

**R21:** Nocivo en contacto con la piel.

**R25:** Tóxico por ingestión.

**R26:** Muy tóxico por inhalación.

**R37/38:** Irrita las vías respiratorias y la piel.

**R41:** Riesgo de lesiones oculares graves.

**R43:** Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

**R46:** Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.

**R49:** Puede causar cáncer por inhalación.

**R50/53:** Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

##### Dicromato de Sodio Dihidratado <sup>(4)</sup>

**R21:** Nocivo en contacto con la piel.

**R25:** Tóxico por ingestión.

**R26:** Muy tóxico por inhalación.

**R37/38:** Irrita las vías respiratorias y la piel.

**R41:** Riesgo de lesiones oculares graves.

**R43:** Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

**R46:** Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.

**R49:** Puede causar cáncer por inhalación.

**R50/53:** Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

El Ácido Crómico y los Cromatos en general pueden afectar la salud por inhalación, contacto con la piel o ingestión. El Dicromato de Sodio causa quemaduras severas en todo el área de contacto. La ingestión de la sustancia puede ser fatal. Es muy tóxico por inhalación. Afecta el sistema respiratorio, (irritación de la nariz, garganta, bronquios y pulmones), hígado, riñones, ojos, piel y sangre. Puede provocar una reacción alérgica. Puede causar cáncer. El riesgo de cáncer depende de la duración y del nivel de la exposición.

Las personas con desórdenes cutáneos ya existentes, asma, alergias o sensibilidad conocida al Ácido Crómico o a los Cromatos, pueden ser más susceptibles a los efectos de este material.

#### 4.11.3.1 INHALACIÓN

El Dicromato de Sodio Dihidratado es corrosivo, por lo que resulta extremadamente destructivo para los tejidos de las membranas mucosas y tracto respiratorio superior. Puede producir ulceración y perforación del tabique nasal. Los síntomas pueden ser dolor de garganta, tos, falta de respiración y respiración dificultosa.

Puede causar sensibilización pulmonar o asma alérgica. Las exposiciones mayores pueden producir edema pulmonar<sup>(3)</sup>.

La inhalación de Dicromato de Sodio Anhidro provoca sensación de quemazón, dolor de garganta, tos y jadeo<sup>(1)</sup>.

#### **4.11.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS**

Debido a que el Dicromato de Sodio Dihidratado es corrosivo, el contacto con la piel puede provocar síntomas de enrojecimiento, dolor y quemaduras severas. Los polvos y las soluciones fuertes pueden causar irritación severa. El contacto con la piel dañada puede causar úlceras (dolores del Cromo) y absorción causando envenenamiento sistémico el cual puede afectar las funciones renales y hepáticas. Puede sensibilizar la piel. El contacto con los ojos puede causar visión borrosa, enrojecimiento, dolor y severas quemaduras en los tejidos. Puede causar lesiones en la córnea o incluso ceguera<sup>(3)</sup>.

El contacto de la piel con Dicromato de Sodio Anhidro causa enrojecimiento y sensación de quemazón. El contacto con los ojos genera enrojecimiento y dolor, además puede causar visión borrosa y quemaduras severas<sup>(1)</sup>.

#### **4.11.3.3 INGESTIÓN**

La ingestión de Dicromato de Sodio Dihidratado puede producir quemaduras severas en la boca, garganta y estómago, conduciendo a la muerte. Puede causar dolor de garganta, vómitos y diarrea. Puede provocar gastroenteritis violenta, colapso vascular periférico, mareos, sed intensa, calambres musculares, choque, coma, sangrado anormal, fiebre, daño hepático y fallo renal agudo<sup>(3)</sup>.

La ingestión de Dicromato de Sodio Anhidro provoca náusea, vómito, dolor abdominal, sensación de quemazón, diarrea, inclusive desmayo y estado de choque<sup>(1)</sup>.

#### **4.11.3.4 EFECTOS CRÓNICOS<sup>(3)</sup>**

La exposición repetida o prolongada a Dicromato de Sodio puede causar ulceración y perforación del tracto nasal, irritación respiratoria, daño hepático y renal y ulceración cutánea. Las ulceraciones al principio pueden no ser dolorosas pero tienen capacidad para penetrar hasta el hueso y provocar perforaciones debidas al Cromo. Se sabe que es cancerígeno en humanos.

#### **4.11.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

##### **4.11.3.5.1 Cardiovasculares**

En experimentos realizados a nivel de laboratorio, se determinó un incremento en la tensión arterial, además de cambios en los electrocardiogramas realizados después de la exposición, indicando disfunción del corazón<sup>(5)</sup>.

##### **4.11.3.5.2 Hematológicos**

No se encontraron estudios referidos a los efectos hematológicos de la exposición, ingestión o contacto con Dicromato de Sodio.

##### **4.11.3.5.3 Musculares**

No se encontraron estudios referidos a los efectos musculares de la exposición, ingestión o contacto con Dicromato de Sodio.

##### **4.11.3.5.4 Hepáticos**

Se han reportado casos de niveles bajos de cirrosis en trabajadores de plantas de producción de Cromatos. La ingestión de Cromatos genera necrosis del hígado<sup>(5)</sup>.

##### **4.11.3.5.5 Renales**

Se han reportado casos de desarrollo de síntomas de insuficiencia renal durante los días posteriores a la ingestión

de Cromatos. También se han investigado casos de daño en los riñones a causa de exposición accidental a grandes cantidades de Cromato por contacto con la piel, especialmente cuando se ha provocado gran daño en la piel <sup>(5)</sup>.

#### 4.11.3.5.6 Endocrinos

No se encontraron estudios referidos a los efectos endocrinológicos de la exposición, ingestión o contacto con Dicromato de Sodio.

#### 4.11.3.5.7 Inmunológicos

No se encontraron estudios referidos a los efectos inmunológicos de la exposición, ingestión o contacto con Dicromato de Sodio.

#### 4.11.3.5.8 Neurológicos

No se encontraron estudios referidos a los efectos neurológicos de la exposición, ingestión o contacto con Dicromato de Sodio.

### 4.11.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL<sub>50</sub> (ingestión, ratas): 50 mg/kg <sup>(3)</sup>.

Ha sido investigado como cancerígeno, mutagénico y causante de efectos reproductivos <sup>(3)</sup>. La Agencia de Investigación del Cáncer (IARC) concluyó que el Acido Crómico y los Cromatos causan cáncer <sup>(2)</sup>.

### 4.11.5 RESPUESTA A ACCIDENTES <sup>(2)</sup>

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

#### 4.11.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

##### 4.11.5.1.1 Exposición en Ojos <sup>(1,2,3)</sup>

Si sólidos o líquidos que contienen Dicromato de Sodio, (Dihidratado o Anhidro), entran en contacto con los ojos, se deben lavar inmediatamente con grandes cantidades de agua, levantando el párpado superior e inferior ocasionalmente. Se debe acudir por atención médica inmediata. Los lentes de contacto no se deben usar cuando se este trabajando con esta sustancia.

##### 4.11.5.1.2 Exposición en la Piel <sup>(1,2,3)</sup>

Si sólidos o líquidos que contienen Dicromato de Sodio, (Dihidratado o Anhidro), entran en contacto con la piel, se debe irrigar el área afectada con abundante agua y usar jabón o un detergente suave. Si la ropa se moja con Dicromato de Sodio, ésta se debe remover inmediatamente y se debe lavar la piel con agua. Si se presenta irritación en la piel, se debe recibir atención medica lo más pronto posible.

##### 4.11.5.1.3 Inhalación <sup>(1,2,3)</sup>

Si una persona aspira grandes cantidades de Dicromato de Sodio, (Dihidratado o Anhidro), se debe ubicar la persona expuesta en un área de aire fresco en el menor tiempo posible. Si la respiración de la víctima se ha detenido, se deben administrar técnicas de respiración artificial. La persona afectada se debe mantener caliente y en reposo y debe recibir atención médica tan pronto como sea posible.

##### 4.11.5.1.4 Ingestión <sup>(1,2,3)</sup>

Si una persona ha ingerido sólidos o líquidos que contienen Dicromato de Sodio, (Dihidratado o Anhidro), se le debe suministrar grandes cantidades de agua de forma inmediata. No se debe administrar

ninguna sustancia por vía oral a una persona en estado de inconciencia. No se debe inducir el vómito por el riesgo de broncoaspiración que esto representa. Se debe recibir atención médica inmediata.

#### **4.11.5.1.5 Rescate** <sup>(2)</sup>

La persona afectada se debe retirar del lugar de exposición evitando la exposición al peligro del rescatista o persona que dirija los procedimientos de primeros auxilios. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

#### **4.11.5.2 INCENDIOS** <sup>(2,3)</sup>

Usar agua en aerosol para cubrir el fuego y para refrescar contenedores expuestos al fuego. En el evento de un fuego, se deben portar trajes protectores completos y aparato respiratorio autónomo con pieza facial completa operando con modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.

#### **4.11.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS**

Si se derrama o libera accidentalmente Dicromato de Sodio anhidro o hidratado, se deben realizar los siguientes procedimientos:

- Ventilación del área de fuga o derrame.
- El material derramado se puede aspirar o limpiar en húmedo para evitar la dispersión del polvo.
- El derrame de líquidos que contengan Dicromato de Sodio se puede coleccionar usando arena seca, tierra o materiales similares.

Personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben retirar de las áreas de fugas hasta que se hayan completado los procedimientos de limpieza.

#### **4.11.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL**

**TLV (TWA; ACGIH; para compuestos de Cr VI solubles en agua, como Cr):** 0.05 mg/m<sup>3</sup> (2000) <sup>(1,3)</sup>

**PEL (TWA; OSHA; para Acido Crómico y Cromatos, como CrO<sub>3</sub>):** 0.1 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(3)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

#### **4.11.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL** <sup>(2)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas (mínimo de ocho pulgadas) y otros tipos de ropas protectoras necesarias para prevenir cualquier contacto con la piel con sólidos o líquidos que contengan Dicromato de Sodio.
- La ropa impermeable que se contamine con Dicromato de Sodio se debe colocar en contenedores cerrados para su almacenamiento hasta que pueda ser desechada o hasta que se pueda remover completamente el Dicromato de Sodio de la ropa. Si la ropa va a ser lavada, la persona encargada de dicha tarea debe conocer los riesgos de manipulación del Dicromato de Sodio.
- La ropa no impermeable que se contamine con sólidos o líquidos que contengan Dicromato de Sodio se debe retirar inmediatamente y no se debe usar hasta que el Dicromato de Sodio sea removido por completo.
- En cualquier lugar en el que exista la posibilidad de exposición de un empleado a sólidos líquidos que contengan Dicromato de Sodio, deben instalarse duchas de emergencia dentro del área de trabajo para uso de emergencia.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras para que no exista alguna posibilidad de que sólidos o líquidos que contengan Dicromato de Sodio entren en contacto con los ojos.

- En cualquier lugar en el que exista la posibilidad de contacto de sólidos o líquidos que contengan Dicromato de Sodio con los ojos de un trabajador, se debe instalar una ducha lavaojos en el área de trabajo para uso de emergencia.

#### 4.11.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(2)</sup>

Como buena práctica de higiene industrial se recomienda usar controles de ingeniería para reducir las concentraciones de Dicromato de Sodio en el ambiente hasta niveles de exposición permisibles. Se debe usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 37. Protección respiratoria mínima para el Dicromato de Sodio en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Requerida Arriba de 0.1 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)
Concentración menor o igual a 5 mg/m <sup>3</sup> .	Un respirador de filtro altamente eficiente con pieza facial completa. Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa con yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración autónoma (autocontenido) con pieza facial completa.
Concentración menor o igual a 30 mg/m <sup>3</sup> .	Un respirador de purificación de aire con pieza facial completa y filtro de partículas altamente eficiente. Un respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva operado en flujo continuo.
Situaciones planeadas o de emergencia, en las cuales la concentración sea mayor a 30 mg/m <sup>3</sup> o desconocida.	Cualquier aparato de respiración autónoma con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autónoma operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Un aparato de respiración autónoma con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Un respirador de filtro altamente eficiente. Cualquier aparato de respiración autónoma de evacuación.

Tomada de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Chromic Acid and Chromates" (2)

#### 4.11.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA <sup>(2)</sup>

- Se debe prohibir el almacenamiento, preparación o consumo de alimentos o bebidas, y el almacenamiento o consumo de tabaco en las áreas en las cuales se manejen, procesen o almacenen sólidos o líquidos que contengan Dicromato de Sodio.
- Los trabajadores que deben manipular sólidos o líquidos que contengan Dicromato de Sodio deben lavarse las manos, rostro y antebrazos con agua y jabón o detergente suave antes de consumir alimentos, fumar o usar el sanitario.

- Se deben identificar las áreas en las cuales se pueda estar expuesto a Cromo (VI), que es considerado carcinogénico, usando señalización adecuada, y se debe restringir el acceso sólo a personal autorizado.

#### 4.11.8.1 FRASES DE SEGURIDAD <sup>(1,4)</sup>

Tanto para el Dicromato de Sodio Anhidro como para el Dicromato de Sodio Dihidratado:

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta).

**S53:** Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso.

**S60:** Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.

**S61:** Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

#### 4.11.8.2 ALMACENAMIENTO

Cualquier contenedor en el que se almacene material que contenga Dicromato de Sodio se debe proteger contra daños físicos y almacenar en un lugar seco, separado del combustible, de los materiales orgánicos u otros fácilmente oxidables. Se debe evitar el almacenamiento sobre pisos de madera. Es necesario retirar y desechar cualquier material que contenga Dicromato de Sodio derramado; no es recomendable volver a envasar en el contenedor original. Se debe usar equipo de protección especial para realizar el mantenimiento o donde las exposiciones puedan exceder los niveles de exposición establecidos. Se deben lavar las manos, la cara, los antebrazos y el cuello al salir de las áreas restringidas. Es necesario tomar una ducha después de manipular la sustancia a lo largo de una jornada de trabajo. Los recipientes de este material pueden ser peligrosos al vaciarse puesto que retienen residuos del producto (polvo, sólidos) <sup>(3)</sup>.

#### 4.11.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES <sup>(2)</sup>

**Tabla 38. Usos, generación y control de emisiones de Dicromato de Sodio**

Uso / Generación	Control
Utilizado en el terminado de metales como cromado, anodizado, recubrimiento para resistencia a la corrosión.	Ventilación de extractor local; equipo de protección personal.
Utilizado en el terminado de cueros para zapatos, guantes, chaquetas y maletas.	Ventilación de extractor local; equipo de protección personal.
Utilizado como inhibidor de corrosión en refrigeradores, motores de turbina de gas y combustión, sistemas de refrigeración y aire acondicionado, y enfriadores de reactores nucleares.	Ventilación de extractor local; equipo de protección personal.
Utilizado en procesos de fotoreproducción, fotografía, litografía y heliografía.	Ventilación de extractor local; equipo de protección personal.
Utilizado como inhibidor de corrosión y pigmentos de coloración, tintas, cauchos y cerámicas y mezclas de color.	Proceso contenido; ventilación de extractor local; equipo de protección personal.
Utilizado en el tinturado de pieles, cueros, tejidos, lana y nylon; oxidación de tinturas; tratamiento de algodón y en impresión textil y de papel; utilizado en la producción de pegamento de zapatos, muebles y empaques.	Ventilación de extractor local; equipo de protección personal.
Utilizado como fungicida; usado en preservativos acuosos y retardadores de fuego en madera; para protección de textiles y semillas.	Ventilación de extractor local; equipo de protección personal.
Utilizado para proveer resistencia a la corrosión y despolarización de baterías.	Ventilación de extractor local; equipo de protección personal.

Tabla 38. Usos, generación y control de emisiones de Dicromato de Sodio (continuación)

Uso / Generación	Control
Utilizado en la producción de fósforos de seguridad y explosivos.	Ventilación de extractor local; equipo de protección personal.
Utilizado en la producción y empaque de cemento.	Ventilación de extractor local; equipo de protección personal.
Utilizado como agente químico, agente oxidante, catalizador, indicador, en el blanqueamiento de grasas, aceites y ceras, en síntesis química y en química analítica.	Ventilación de extractor local; equipo de protección personal.

#### 4.11.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

Cuando se elimina en el suelo, este material puede filtrarse en las aguas subterráneas. No se espera que este material se evapore significativamente cuando se elimina en el agua. Este material se puede bioacumular en cierto grado. Cuando se elimina en el aire, este material puede ser extraído de la atmósfera, en grado moderado, por deposición húmeda <sup>(3)</sup>.

##### 4.11.10.1 AIRE

La forma química del Cromo en el aire depende de la fuente. Durante la producción de Cromatos, puede haber emisiones de polvo de Cromo. Los Cromatos son encontrados en el aire contaminado de torres de enfriamiento. Se encuentra muy poca información de la distribución del Cromo en el aire <sup>(5)</sup>.

##### 4.11.10.2 AGUA

Las concentraciones de Cromo sustancialmente altas se encuentran como resultado de actividades humanas, debidas a polución de actividades industriales o residuos. Las aguas residuales provenientes de industrias de Cromo contienen altos niveles de la sustancia. Estos niveles se reducen mediante precipitación antes de descargar las aguas residuales. Los pasos incluyen la reducción del Cromo hexavalente a Cromo trivalente a un pH Acido, seguido por la precipitación de hidróxidos a un pH de 9.5. El precipitado contiene Cromo y otros metales que se colectan en estanques y pueden ser dispuestos en un relleno de seguridad <sup>(5)</sup>.

##### 4.11.10.3 SUELO

Las emisiones al suelo son mínimas, pero los rellenos de seguridad y las operaciones de tratado de lodos son fuentes potenciales de contaminación con Cromo del suelo y aguas subterráneas. Sin embargo, a valores alcalinos de pH, los hidróxidos de Cromo son insolubles, por lo que la contaminación será mínima <sup>(5)</sup>.

#### 4.11.11 ECOTOXICIDAD <sup>(5)</sup>

Se espera que este material sea tóxico para la vida acuática.

##### Especies acuáticas:

Invertebrados: CL<sub>50</sub>: 0.067 – 59.9 mg/l; exposición crónica

Vertebrados: CL<sub>50</sub>: 17.6 – 249 mg/l; exposición aguda

Vertebrados: CL<sub>50</sub>: 0.265 – 2.0 mg/l; exposición crónica

#### 4.11.12 LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION <sup>(3)</sup>

Lo que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejado como desecho peligroso y enviado a una instalación para desechos aprobada. Puede desecharse en contenedores sellados en un relleno de seguridad apropiado. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de manejo del desecho.

#### 4.11.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). *International Chemical Safety Cards, Sodium Dichromate (Anhydrous)* [en línea]. Marzo de 2001 [citado agosto 8 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc13/icsc1369.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc13/icsc1369.htm)
2. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Occupational Health Guideline for Chromic Acid and Chromates* [en línea]. Septiembre de 1978 [citado agosto 8 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0138.pdf>
3. Mallinckrod, Baker Inc. *Material Safety Data Sheet, Sodium Dichromate* [en línea]. Noviembre de 2001, [citado agosto 4 de 2003]. Disponible en <http://www.jtbaker.com/msds/spanishhtml/S3506.htm>
4. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado mayo 31 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
5. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Environmental Health Criteria 61, Chromium* [en línea]. 1988 [citado en agosto 15 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc61.htm>
6. Editores: Herman M, McKetta J y otros; Kirck Othmer *Encyclopedia of Chemical Technology; Volumen 5; Segunda Edición; Editorial Interscience Publishers Jhon Wile & Sons Inc.; New York, USA; 1964*

Dicromato de sodio

## 4.12

# Disulfuro de Carbono

- 4.12.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.12.1.1 SINONIMOS
  - 4.12.1.2 DESCRIPCION
  - 4.12.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.12.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.12.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.12.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.12.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.12.2.1 PRODUCCION
    - 4.12.2.1.1 Producción a Partir de Carbón y Azufre
    - 4.12.2.1.2 Producción a Partir de Metano y Azufre
    - 4.12.2.1.3 Otros Procesos
  - 4.12.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.12.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.12.3.1 INHALACION
  - 4.12.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.12.3.3 INGESTION
  - 4.12.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.12.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.12.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
- 4.12.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.12.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.12.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.12.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.12.5.1.3 Inhalación
    - 4.12.5.1.4 Ingestión
    - 4.12.5.1.5 Rescate
  - 4.12.5.2 INCENDIOS
  - 4.12.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.12.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

- 4.12.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.12.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
  
- 4.12.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.12.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.12.8.2 ALMACENAMIENTO
  
- 4.12.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.12.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.12.10.1 AIRE
  - 4.12.10.2 AGUA
  - 4.12.10.3 SUELO
  
- 4.12.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.12.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICIÓN
  
- 4.12.13 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.12.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(1)</sup>

**Fórmula Molecular:** CS<sub>2</sub>

**Fórmula Estructural:** S = C = S

**CAS:** 75-15-0

**Número UN:** 1131

**Riesgo principal UN:** 3

**Riesgo secundario UN:** 6.1

##### 4.12.1.1 SINONIMOS

Bisulfuro de Carbono, bisulfito de Carbono, Anhídrido Ditiocarbónico, Anhídrido SulfoCarbónico, Weeveltox <sup>(2,3)</sup>.

CS<sub>2</sub>

Disulfuro de carbono

##### 4.12.1.2 DESCRIPCION <sup>(5)</sup>

El Disulfuro de Carbono en estado puro es un líquido incoloro o ligeramente amarillento, casi sin olor o con olor agradable similar al del Cloroformo. El Disulfuro de Carbono con impurezas, que usualmente se emplea en una gran variedad de procesos industriales, es un líquido amarillento de olor desagradable similar al de la putrefacción de material orgánico vegetal. El Disulfuro de Carbono se evapora a temperatura ambiente, y el vapor es, en una proporción mayor al doble, más pesado que el aire. Explota con facilidad al contacto con el aire y además se incendia fácilmente.

En la naturaleza, se encuentran pequeñas cantidades de Disulfuro de Carbono provenientes de gases liberados a la superficie terrestre, por ejemplo, en erupciones volcánicas o sobre pantanos.

Comercialmente, se encuentra como una mezcla azeotrópica con agua que contiene 97.2% de Disulfuro.

##### 4.12.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES <sup>(17)</sup>

Componente	Contenido	Peligroso
Disulfuro de Carbono	90 - 100%	Si

##### 4.12.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(5, 8, 18)</sup>

Tabla 39. Propiedades físicas para el Disulfuro Carbono

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	76,14
Estado Físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	46,5
Punto de Fusión (°C)	-111,6
Presión de Vapor (mmHg)	260; 20 °C 430; 30 °C
Gravedad Específica (Agua = 1)	1.263 (20/4°C) 1.2481 (30°C)
Densidad del Vapor (Aire = 1)	2,64
pH	No Reportado
Log Kow	2,14
Log Koc	1,79
Constante de la Ley de Henry (Pa*m <sup>3</sup> /mol)	1748
Solubilidad en agua (mg/l) (760 mm Hg)	2940; 20 °C 2300; 22 °C
Límites de Inflamabilidad	1,3 – 50%
Temperatura de Auto Ignición (°C)	100
Punto de Inflamación	- 30 °C; copa cerrada

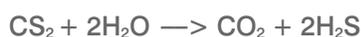
#### 4.12.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS <sup>(16)</sup>

El Disulfuro de Carbono reacciona con sulfuros, alcoholes, Amoniac, Aminas y Cloro para producir importantes derivados y productos intermedios industriales. También reacciona lentamente con álcalis acuosos para producir tritocarbonato y carbonato. Los tritocarbonatos también se forman a partir de sulfuros metálicos.

Reacciona con álcalis alcohólicos para producir xantatos (sales de ditiocarbonatos). Esta reacción es la base para el proceso en el cual la celulosa se convierte en xantato y se regenerada como fibras y películas.

Reacciona con Amoniac, y dependiendo de la concentración del Amoniac y de la temperatura, forma ditiocarbamato de amonio, tritocarbonato de amonio y tiocianato de amonio.

Con agua reacciona rápidamente en presencia de alúmina y óxidos catalizadores sobre los 150 °C para producir dióxido de Carbono y sulfuro de Hidrógeno.



##### 4.12.1.5.1 Incompatibilidades

El Disulfuro de Carbono es altamente inflamable; reacciona vigorosamente con agentes oxidantes y puede generar calor, posiblemente ignición o inclusive explotar. Cuando se calienta hasta descomposición, libera gases tóxicos de óxidos de Azufre. Puede generar cargas electrostáticas como resultado del flujo, agitación, etc. La sustancia se puede inflamar espontáneamente al contacto con superficies calientes. Ataca algunos tipos de plástico, caucho y revestimientos <sup>(1, 14)</sup>.

En general esta sustancia es incompatible con aire, óxidos, halógenos o metales oxidantes; al ser expuesto al calor o llamas cercanas reacciona violentamente con aluminio, Cloro, compuestos azo, hipocloritos, etilAmina diAmina, etileno, flúor, compuestos azo metálicos de litio, Potasio, cesio, rubidio y sodio, óxidos de nitrógeno, Potasio, Zinc y (Acido Sulfúrico mas permanganato. <sup>(1, 15)</sup>

## 4.12.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

### 4.12.2.1 PRODUCCIÓN <sup>(16)</sup>

El Disulfuro de Carbono se produce comercialmente mediante la reacción de Azufre y Carbón o metano. Se ha utilizado etano, Propano y Propeno con un alcance limitado. El proceso con metano ha ido reemplazando el anterior proceso usando Carbón desde que fue introducido por primera vez a principios de los años cincuenta. Este último ya no es de gran importancia en la manufactura de Disulfuro de Carbono en Estados Unidos, Europa y Japón. En lugares en los que el metano o gas natural no se encuentran disponible, o cuando se trata de una planta pequeña, el proceso con Carbón todavía sule los requerimientos locales.

#### 4.12.2.1.1 Producción a Partir de Carbón y Azufre

EL proceso básico de producción de Disulfuro de Carbono a partir de Carbón y Azufre ha cambiado desde su primera implementación en la segunda mitad del siglo XIX. Aún se usan las cámaras de calentamiento externo, pero el diseño del equipo se ha perfeccionado por ejemplo en cuanto al uso de mejores materiales de construcción.

Actualmente, en las plantas de este tipo, el Azufre fundido se vaporiza y sobrecalienta antes o después de su entrada a la cámara de calentamiento. La reacción entre el vapor de Azufre sobrecalentado y un lecho estacionario de Carbón a una temperatura de 800 °C a 900 °C toma lugar dentro de la cámara a una presión ligeramente mayor a la atmosférica. El producto gaseoso, que está compuesto de Disulfuro de Carbono, cierta cantidad de Azufre, sulfuro de Hidrógeno, sulfuro de carbonilo e inertes, pasa a través de un condensador y un absorbedor con aceite en el cual se recupera el Disulfuro de Carbono crudo; el producto puro se obtiene después de un tratamiento en columnas de destilación. El gas de residuo, compuesto principalmente de

Sulfuro de Hidrógeno, sulfuro de Carbonilo e inertes, se incinera con una solución cáustica o se recircula a una planta recuperadora de Azufre.

La calidad del Carbón es un factor extremadamente determinante, ya que si el material posee una reactividad menor, será necesaria la operación a una temperatura mayor para garantizar la conversión; es por eso que se prefiere el uso de Carbón derivado de madera dura. El Carbón normalmente se precalienta hasta los 500 °C para eliminar los volátiles que pueden facilitar la formación de subproductos no deseados.

#### 4.12.2.1.2 Producción a Partir de Metano y Azufre

Este proceso se derivó de la creciente necesidad de Disulfuro de Carbono en los años cuarenta y de las limitaciones presentadas por el proceso anterior.

Se precalienta el gas natural purificado, que contiene un 95% de metano y pequeñas concentraciones de Propano e hidrocarburos pesados, hasta 250 °C en la sección convectiva del horno de reacción.

Este es un horno de pirolisis típico de la industria petroquímica, con secciones de radiación y convección. El gas metano caliente se mezcla con el Azufre líquido y se introduce en el espiral horizontal de calentamiento ubicado en la sección de radiación. Allí, se vaporiza el Azufre líquido y se eleva la temperatura de la mezcla hasta 550-650 °C. La presión de operación es de 400-700 kPa. Alternativamente, es posible introducir el metano y el Azufre separadamente en diferentes puntos del espiral. Se agrega un ligero exceso de Azufre (5%) para asegurar la conversión del metano y para minimizar la formación de alquitrán.

La mayoría de los hidrocarburos se convierten antes que el gas abandone el último reactor. Al salir del horno, el gas pasa a través de un condensador de Azufre, donde se separa gran parte del exceso de Azufre. Posteriormente, el gas refrigerado pasa a través de un depurador de Azufre y luego al depurador de Disulfuro de Carbono, donde se remueve el Azufre restante. El gas relativamente libre de Azufre entra entonces a condensadores de agua para separación de la mayor parte de Disulfuro de Carbono. El Disulfuro de Carbono restante se remueve mediante absorción con aceite. El gas de Sulfuro de Hidrógeno de la salida del absorbedor contiene 1-2% de metano y menos de 1000 ppm de Disulfuro de Carbono. Este gas se recircula a una planta de recuperación de Azufre.

El Disulfuro de Carbono de los condensadores se envía a una columna estabilizadora para remover las impurezas de bajo punto de ebullición. Los fondos provenientes de esta columna, se procesan posteriormente en una columna de purificación, donde se separan los contaminantes de alto punto de ebullición. Finalmente, se lava con agua e hidróxido de sodio, y el producto terminado se bombea a tanques de almacenamiento.

#### 4.12.2.1.3 Otros Procesos

El uso de diferentes materias primas para la producción de Disulfuro de Carbono es un tema de gran interés. Materiales sin refinar incluyendo metano y Sulfuro de Hidrógeno; coque y Carbón con dióxido de Azufre y Sulfuro de Hidrógeno; hidrocarburos líquidos con Azufre, hidrocarburos con Azufre y dióxido de Azufre; hidrocarburos clorados con Azufre; monóxido de Carbono y Azufre. La mayoría de estas alternativas son poco atractivas debido a su bajo rendimiento, la formación de subproductos no deseados o dificultades para el procesamiento que resulta en la formación de alquitrán y polímeros.

#### 4.12.2.2 APLICACIONES Y USOS

La elaboración de fibras de rayón es el uso industrial más importante del Disulfuro de Carbono. También se usa, hasta cierto punto, como solvente en diversos procesos industriales incluyendo la refinación de parafinas y petróleo, y más recientemente en la producción de agentes de flotación y herbicidas. Sin embargo, el riesgo de exposición a altas concentraciones de Disulfuro de Carbono durante estos procesos es pequeño comparado con el de la industria del rayón. Estas fibras se usan en la producción de filamentos de hilo textil, fibras estables de rayón y películas de celofán.

CS<sub>2</sub>

Disulfuro de carbono

El Disulfuro de Carbono ha sido un químico industrial importante desde los años ochentas debido a sus muchas propiedades útiles, incluyendo su capacidad de solubilizar grasas, cauchos, Fósforo, Azufre y otros elementos. Las propiedades solventes del Disulfuro de Carbono lo hacen indispensable en la preparación de grasas, lacas y alcanfor, en la industria refinadora de petróleo y en parafinas. Además, lo han hecho altamente apropiado para una gran variedad de aplicaciones industriales incluyendo: vulcanización y manufactura de cauchos y accesorios de caucho; producción de resinas, xantatos, tiocianatos, adhesivos para madera y agentes de flotación; inhibidor en la polimerización de cloruro de vinilo; en la conversión y procesamiento de hidrocarburos; purificación de petróleo; brillo de metales preciosos en galvanoplastia; como un agente para incrementar la resistencia a la corrosión y el desgaste de metales; removedor de óxido de metales y para la remoción y recuperación de metales y otros elementos de aguas de desecho y otros medios.

También se ha usado industrialmente como un medio para promover la sulfatación en la síntesis de elementos de las tierras raras usados en los semiconductores, como un regenerador de catalizadores de Sulfuros metálicos de la serie de transición, y como solvente para la remoción de impresiones en plásticos de reciclaje.

Otra aplicación industrial de relativa importancia la constituye el uso como materia prima para la producción de tetracloruro de Carbono. Sin embargo, la mayoría de productores industriales de tetracloruro de Carbono han sustituido al Disulfuro de Carbono por metanol. En la industria de alimentos, el Disulfuro de Carbono se ha usado para proteger las frutas frescas de insectos y hongos durante su transporte en barcos, para adhesivos de empaques de alimentos y en la extracción de solventes de inhibidores de crecimiento.

En la agricultura, el Disulfuro de Carbono ha sido utilizado a nivel mundial como fumigante para el control de insectos en bodegas de granos, normalmente se mezcla con tetracloruro de Carbono para reducir el riesgo de incendio. También se usa para remover infestaciones de larvas de moscas en el estómago de los caballos y de ectoparásitos de los cerdos, aunque esta aplicación se ha reducido <sup>(10)</sup>.

#### 4.12.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### Frases de Riesgo <sup>(13)</sup>

**R11:** Fácilmente inflamable

**R36/38:** Irrita los ojos y la piel

**R48/23:** Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación

**R62:** Posible riesgo de perjudicar la fertilidad

**R63:** Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto

Los efectos del Disulfuro de Carbono en la salud humana y el ambiente dependen de la cantidad presente de esta sustancia y de la frecuencia y el tiempo de exposición. Los efectos también dependen de la salud de la persona o de las condiciones del ambiente cuando ocurre la exposición.

Inhalar o consumir Disulfuro de Carbono por períodos cortos de tiempo afecta el sistema nervioso; los efectos van desde mareo y dolor de cabeza, visión borrosa y agitación hasta convulsiones, coma y la muerte. El vapor del Disulfuro de Carbono irrita la nariz y la garganta. El contacto directo del Disulfuro líquido con la piel causa quemaduras. El Disulfuro de Carbono puede ocasionar daños severos en los ojos. Estos efectos no ocurren con los niveles normales de Disulfuro de Carbono que se encuentran en el ambiente.

El Disulfuro de Carbono puede causar también daño al sistema cardiovascular, resultando en un incremento de la presión arterial y enfermedad coronaria. Existen estudios que demuestran que el personal que es expuesto permanentemente a Disulfuro de Carbono ha desarrollado insuficiencias gastrointestinales y del sistema inmunológico. <sup>(4)</sup>

A niveles muy altos, el Disulfuro de Carbono puede ser mortal debido a los efectos causados sobre el sistema nervioso. Algunos trabajadores que han inhalado altos niveles de Disulfuro de Carbono durante las horas de trabajo han manifes-

tado dolor de cabeza, cansancio y problemas para dormir. Algunos trabajadores que han inhalado bajos niveles de Disulfuro de Carbono, han presentado ligeros cambios de humor.

Estudios en humanos han demostrado que el Disulfuro de Carbono se absorbe rápidamente por los pulmones (80% de retención en los primeros 15 min.). Se demostró absorción de soluciones acuosas de Disulfuro de Carbono a través de la piel<sup>(5)</sup>.

El Disulfuro de Carbono por sí mismo no representa peligro a los niveles encontrados en el ambiente. Puede contribuir a la formación de niebla tóxica de carácter fotoquímico al reaccionar con otras sustancias orgánicas volátiles en el aire<sup>(4)</sup>.

Las personas que con mayor frecuencia están expuestas a Disulfuro de Carbono son los trabajadores de plantas que lo usan en sus procesos de manufactura. El personal se puede exponer al respirar aire, beber agua o consumir comida con contenidos de Disulfuro de Carbono. También se puede exponer mediante el contacto con la piel con tierra, agua u otras sustancias que contengan Disulfuro de Carbono<sup>(6)</sup>.

Las únicas rutas de exposición significativas son por inhalación y contacto con la piel. La única forma por la que el Disulfuro de Carbono pueda entrar al organismo humano por ingestión, es de forma accidental o completamente intencional (suicidio)<sup>(12)</sup>.

#### **4.12.3.1 INHALACIÓN** <sup>(5,12,13)</sup>

La inhalación representa la principal ruta de absorción del Disulfuro de Carbono, que es proporcional a la concentración del Disulfuro de Carbono en el aire inhalado. El organismo humano alcanza un equilibrio entre la cantidad de Disulfuro de Carbono inhalado y el exhalado entre los primeros 60 minutos de exposición. El porcentaje retenido en el equilibrio es de aproximadamente 40-50% de la cantidad de Disulfuro de Carbono presente en el aire.

Una exposición a niveles altos puede ser fatal. Se puede presentar irritación local y faringitis además de causar efectos adversos en el sistema nervioso central. Los síntomas en general son mareo, dolor de cabeza, náuseas, dificultad respiratoria, vómito, debilidad, irritabilidad y alucinaciones. Se han reportado leves síntomas con dosis de 320-390 ppm por varias horas. Síntomas claros se han manifestado con dosis de 420-510 ppm por 30 min. Los síntomas se tornan serios después de una exposición de 1150 ppm por 30 minutos; es peligroso para la salud después de concentraciones entre 3210-3850 ppm; y es fatal en 30 minutos a concentraciones mayores a 4815 ppm.

#### **4.12.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS** <sup>(5,12,13)</sup>

Ya que es un solvente de materia orgánica, se puede esperar que el Disulfuro de Carbono pase a través de la piel. La absorción que se presenta entonces es relativamente alta. Los trabajadores expuestos a soluciones y vapor de Disulfuro de Carbono absorberán cierta cantidad a través de la piel. Esto debe tenerse en cuenta a la hora de la evaluación de la exposición total.

Al absorber Disulfuro de Carbono a través de la piel, se presentan síntomas similares a los de la inhalación, además de irritación, resecaimiento y enrojecimiento de la piel.

El contacto directo con Disulfuro de Carbono líquido puede provocar quemaduras en la piel o en los ojos. El contacto con la piel puede producir dolor y enrojecimiento, el contacto prolongado produce quemaduras de alguna gravedad. El contacto con los ojos causa quemaduras severas en la córnea, en etapas iniciales se manifiesta enrojecimiento y ardor.

#### **4.12.3.3 INGESTIÓN** <sup>(5,9)</sup>

Esta es una de las formas menos comunes de contacto con el Disulfuro de Carbono. Se puede dar en incidentes accidentales o en casos de intento de suicidio. Debido a que el Disulfuro de Carbono no está presente en el medio

CS<sub>2</sub>

Disulfuro de carbono

ambiente en concentraciones elevadas, este tipo de exposición no posee relevancia en los efectos de la sustancia sobre la vida en plantas y animales.

En caso de que el Disulfuro de Carbono sea ingerido, los síntomas son los mismos presentados por inhalación, pero aún más severos, denotando de esta forma la intensidad de la absorción en el organismo. La ingestión oral de 15 mL de Disulfuro de Carbono puede ser fatal para un adulto.

#### **4.12.3.4 EFECTOS CRÓNICOS <sup>(5,9)</sup>**

Una exposición prolongada a Disulfuro de Carbono por inhalación puede tener efectos adversos en el sistema nervioso y cardiovascular.

La exposición crónica al Disulfuro de Carbono ha dado como resultados primarios, problemas neurológicos y cardiovasculares. También se han reportado insuficiencias gastrointestinales e inmunológicas; se han reportado efectos cardiovasculares que incluyen incrementos en la presión arterial, cambios en el ecocardiograma (ECG), incremento en los triglicéridos del plasma, disminución de la densidad de lipoproteínas, incremento de enfermedades coronarias, angina y por lo tanto, mortalidad. Estos efectos se incrementan debido a un gran número de factores de riesgo, como fumar, hábitos de alimentación, diabetes e inactividad física. Entonces, la combinación de dos o más factores de riesgo incrementa enormemente la incidencia de enfermedades coronarias.

Otra limitación reportada a partir de estudios realizados es la exposición a combinaciones de Disulfuro de Carbono con otras sustancias químicas manipuladas en la industria del rayón textil, como el Sulfuro de Hidrógeno.

#### **4.12.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

##### **4.12.3.5.1 Sistema Respiratorio <sup>(12)</sup>**

El Disulfuro de Carbono es muy irritante, pero no se han realizado muchos estudios acerca de sus efectos en el sistema respiratorio. Se ha encontrado que como consecuencia de la exposición a Disulfuro de Carbono se desarrolla tos crónica, pero es necesario tener en cuenta los efectos irritantes de otras sustancias presentes en cualquier planta de fibras de rayón (Acido Sulfúrico, Sulfuro de Hidrógeno) o alguna otra en donde se emplee con importancia.

##### **4.12.3.5.2 Cardiovasculares <sup>(12)</sup>**

Existe evidencia de cambios vasculares causados por exposición durante períodos largos a Disulfuro de Carbono. Los cambios vasculares debidos al Disulfuro de Carbono son similares a los producidos por la arteroesclerosis causada por la edad.

##### **4.12.3.5.3 Gastrointestinales <sup>(12)</sup>**

Los síntomas gastrointestinales son muy comunes en los trabajadores y pacientes expuestos a altos niveles de Disulfuro de Carbono. Se ha encontrado la prevalencia de desórdenes gastrointestinales y disfunción en el hígado en trabajadores expuestos a niveles bajos de Disulfuro de Carbono.

##### **4.12.3.5.4 Hematológicos <sup>(12)</sup>**

Se ha encontrado un decremento moderado en la concentración de hemoglobina y en el recuento de eritrocitos con una leve exposición a Disulfuro de Carbono. No se puede atribuir estos resultados únicamente al Disulfuro de Carbono debido a las condiciones del análisis, además no se han encontrado cambios hematológicos significativos en trabajadores expuestos a altos niveles. No se ha confirmado que el Disulfuro de Carbono cause anemia.

##### **4.12.3.5.5 Efectos Musculares**

No se encontraron estudios referidos a los efectos musculares de la exposición, ingestión o contacto con Disulfuro de Carbono.

#### 4.12.3.5.6 Hepáticos <sup>(12)</sup>

En estudios realizados se han encontrado perturbaciones funcionales en el hígado y degeneración de células del hígado en trabajadores expuestos a niveles extremadamente altos (1400-2200 mg/m<sup>3</sup>).

#### 4.12.3.5.7 Renales <sup>(12)</sup>

Pacientes expuestos a Disulfuro de Carbono han presentado lesiones arterioscleróticas en los riñones. Estos síntomas solo se han encontrado como consecuencia de una exposición a niveles muy altos y prolongados.

#### 4.12.3.5.8 Neurológicos <sup>(5)</sup>

Los síntomas agudos que se presentan en el sistema nervioso central después de la inhalación de Disulfuro de Carbono están asociados con mareo, fatiga, dolor de cabeza, cambios de humor, letargo, visión borrosa, agitación, delirio, alucinaciones, convulsiones y coma.

#### 4.12.3.5.9 Otros <sup>(12)</sup>

Se ha encontrado que una exposición a Disulfuro de Carbono genera ciertos problemas de recepción en el oído. También se detectó un decrecimiento en la habilidad de distinguir sonidos entre 1.5-3.0 dB. Se le ha atribuido la pérdida de sensibilidad a altas frecuencias.

### 4.12.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA <sup>(4, 5, 6, 9, 17)</sup>

CL<sub>50</sub> (Inhalación, ratas): 25 mg/m<sup>3</sup>/2 horas

Ha sido investigado como mutagénico y causante de efectos reproductivos.

La exposición a Disulfuro de Carbono es un peligro reproductivo reconocido en humanos. Una exposición prolongada por inhalación a bajos niveles de Disulfuro de Carbono puede tener efectos adversos en el sistema reproductivo. En casos de exposición crónica, se han reportado desórdenes menstruales, abortos espontáneos y nacimientos prematuros. Además, en algunos estudios realizados, se determinó un incremento en la incidencia de abortos espontáneos, en absorciones de 2 ppm.

El Departamento de Salud y Servicios Humanos, (Department of Health and Human Services DHHS), la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer, (International Agency for Research on Cancer IARC), y la Agencia de Protección del Ambiente, (Environmental Protection Agency EPA) no han clasificado al Disulfuro de Carbono como sustancia cancerígena. No existen datos definitivos que indiquen que el Disulfuro de Carbono sea potencialmente cancerígeno.

### 4.12.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

#### 4.12.5.1 PRIMEROS AUXILIOS <sup>(2, 15)</sup>

En el evento de una emergencia, se deben suministrar los procedimientos de primeros auxilios y remitir a la víctima para asistencia médica.

##### 4.12.5.1.1 Exposición en Ojos <sup>(2, 15)</sup>

Si el Disulfuro de Carbono entra en contacto con los ojos, se deben lavar inmediatamente con grandes cantidades de agua por lo menos durante 15 minutos, levantando el párpado superior e inferior ocasionalmente para evitar la acumulación de esta sustancia en esas zonas. Si la irritación permanece después de hacer el lavado, se debe acudir a atención médica tan pronto como sea posible. Los lentes de contacto no se deben usar cuando se este trabajando con esta sustancia.

CS<sub>2</sub>

Disulfuro de carbono

#### **4.12.5.1.2 Exposición en la Piel** <sup>(2, 15)</sup>

Si el Disulfuro de Carbono entra en contacto con la piel, se debe lavar inmediatamente la zona afectada con jabón o un detergente suave y abundante agua. Si la ropa se moja con Disulfuro de Carbono, ésta se debe remover inmediatamente y se debe lavar la piel con jabón o detergente suave y agua. Si no se percibe pulso en la víctima, se deben llevar a cabo procedimientos de resucitación. Si no hay respiración, se debe suministrar respiración artificial. Se debe recibir atención médica lo más pronto posible.

#### **4.12.5.1.3 Inhalación** <sup>(2, 15)</sup>

Si una persona aspira grandes cantidades de Disulfuro de Carbono, ella se debe ubicar en un área de aire fresco en el menor tiempo posible. Si no se percibe pulso, se deben llevar a cabo procedimientos de resucitación. Si no hay respiración, se debe suministrar respiración artificial, o administrar oxígeno mediante otro elemento respiratorio.

La persona afectada se debe mantener caliente y en reposo y debe recibir atención médica tan pronto como sea posible.

#### **4.12.5.1.4 Ingestión** <sup>(2, 15)</sup>

Si una persona ha ingerido Disulfuro de Carbono y la persona está conciente, se le debe suministrar uno o dos vasos de agua o leche de forma inmediata. Después de la ingestión de agua o de leche, se debe inducir el vómito introduciendo un dedo en la garganta. No se debe inducir el vómito en una persona en estado de inconciencia. Si no se percibe pulso, se deben llevar a cabo procedimientos de resucitación. Si no hay respiración, se debe suministrar respiración artificial, o administrar oxígeno u otro elemento respiratorio. Se debe prestar atención médica inmediata.

#### **4.12.5.1.5 Rescate** <sup>(15)</sup>

La persona afectada se debe retirar del lugar de exposición. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

#### **4.12.5.2 INCENDIOS** <sup>(13)</sup>

Esta sustancia es altamente inflamable. En caso de la existencia de un incendio que involucre la sustancia se puede usar polvo químico seco, espuma, agua en grandes cantidades o dióxido de Carbono. Los contenedores de almacenamiento se deben mantener frescos a toda costa usando agua para evitar su explosión.

#### **4.12.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS** <sup>(15)</sup>

Si se derrama o escapa Disulfuro de Carbono de forma accidental se deben realizar los siguientes procedimientos:

- Retirar cualquier posible fuente de ignición.
- Ventilar el área de fuga o derrame.
- Para pequeñas cantidades, absorber con toallas de papel. Evaporar en un lugar seguro, (como dentro de una campana de gases). Permitir que transcurra el tiempo suficiente para la total evaporación dentro de la campana. Se debe quemar el papel en un lugar apropiado alejado de materiales combustibles.
- Grandes cantidades se pueden coleccionar y atomizar en una cámara de combustión apropiada. No se debe permitir que el Disulfuro de Carbono entre en espacios confinados tales como cloacas o alcantarillas debido a la posibilidad de explosión.
- Se recomienda un diseño de desagües que evite la acumulación de vapor de Disulfuro de Carbono en concentraciones explosivas.

#### **4.12.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL**

**TLV (TWA; ACGIH):** 10 ppm, 31 mg/m<sup>3</sup> (2000) <sup>(14)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 20ppm; (TWA techo) 30 ppm en 30 min (2000) <sup>(14, 15)</sup>

**PEL (TWA; OSHA para la industria de la construcción):** 20 ppm, (TWA piel) 60 mg/m<sup>3</sup> (2000) <sup>(14)</sup>

**STEL (TWA; NIOSH):** 10 ppm (2000) <sup>(14)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.12.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(15)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas (mínimo de ocho pulgadas) y otros tipos de ropas protectoras necesarias para prevenir cualquier contacto con la piel con Disulfuro de Carbono líquido.
- La ropa no impermeable que se contamine con Disulfuro de Carbono se debe colocar en contenedores cerrados para su almacenamiento hasta que pueda ser desechada o hasta que se pueda remover completamente el Disulfuro de Carbono de la ropa. Si la ropa va a ser lavada, la persona encargada de dicha tarea debe conocer los riesgos de manipulación del Disulfuro de Carbono.
- La ropa no impermeable que se contamine con Disulfuro de Carbono se debe retirar inmediatamente y no se debe usar hasta que el Disulfuro de Carbono sea removido por completo.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras para que no exista alguna posibilidad que el Disulfuro de Carbono entre en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que Disulfuro de Carbono entre en contacto con los ojos de los trabajadores, debe proveerse una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado con Disulfuro de Carbono deben proveerse instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.

##### 4.12.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(15)</sup>

Una buena práctica de higiene industrial recomienda que se deben usar controles de ingeniería para reducir las concentraciones de Disulfuro de Carbono en el ambiente hasta niveles de exposición permisibles. Sin embargo, existen algunas excepciones donde se pueden usar respiradores para controlar la exposición. Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 40. Protección respiratoria mínima para Disulfuro de Carbono en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 200 ppm (OSHA)
Concentración de vapor de 200 ppm o menos.	Cualquier respirador de cartucho químico con cartucho de vapor orgánico. Cualquier aparato de respiración. Cualquier aparato de respiración autocontenido.
Concentración de vapor hasta de 500 ppm	Cualquier respirador de cartucho químico con cartucho de vapor orgánico y pieza facial completa. Una máscara de gases tipo mentón o contenedor de vapor en la parte trasera o delantera. Cualquier aparato de respiración con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa.

CS<sub>2</sub>

Disulfuro de carbono

**Tabla 40. Protección respiratoria mínima para Disulfuro de Carbono en el aire (continuación)**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 200 ppm (OSHA)
Concentración de vapor mayores a 500 ppm o concentraciones desconocidas	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier máscara provista de protección contra vapores orgánicos. Cualquier aparato de respiración autocontenido para evacuación.

Tomado de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Carbon Disulfide "(15)

#### 4.12.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA <sup>(13)</sup>

La toxicidad, la extrema inflamabilidad y volatilidad del Disulfuro de Carbono hacen de esta sustancia muy peligrosa de manipular. Las instalaciones en las cuales se emplea Disulfuro de Carbono se deben diseñar para operar, en todo momento, como un sistema cerrado y por encima de la presión atmosférica, para prevenir la entrada de flujos de aire. Donde sea posible, las instalaciones donde se ubiquen las plantas de este tipo se deben localizar al aire libre, alejadas de llamas u otras fuentes de ignición. Todos los equipos se deben instalar apropiadamente para evitar la acumulación de cargas electrostáticas. Se debe proveer un sistema de inundación con agua en los alrededores de las áreas de procesamiento y almacenamiento; se debe instalar unidades adjuntas de ventilación de tipo lateral o hacia abajo.

##### 4.12.8.1 FRASES DE SEGURIDAD <sup>(13)</sup>

**S1/2:** Consérvese bajo llave y fuera del alcance de los niños

**S16:** Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas – No fumar

**S33:** Evítese la acumulación de cargas electrostáticas

**S36/37:** Usese indumentaria y guantes de protección apropiados

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible muéstrele la etiqueta)

##### 4.12.8.2 ALMACENAMIENTO <sup>(16)</sup>

El almacenamiento se debe realizar en lugares ventilados, frescos, secos y alejados de la luz directa. Lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. Almacenar las menores cantidades posibles. Los contenedores vacíos se deben separar del resto. Inspeccionar regularmente la bodega para detectar posibles fugas o corrosión. El almacenamiento debe estar retirado de áreas de trabajo. El piso debe ser sellado para evitar la absorción.

Cualquier dispositivo empleado para el almacenamiento de Disulfuro de Carbono debe permanecer herméticamente cerrado. Se deben usar empaques que no se rompan fácilmente; en el caso de almacenamiento a pequeña escala donde se empleen empaques débiles, estos se deben colocar dentro de un contenedor irrompible bien cerrado. No se debe transportar junto con alimentos.

El Disulfuro de Carbono se almacena en tanques de acero apropiadamente canalizados sobre el suelo o en tanques confinados en fosos de concreto abiertos en la cima inundados de agua. El transporte de Disulfuro de Carbono desde los tanques de almacenamiento se puede hacer mediante presión o bombeo.

**Tabla 41. Usos, generación y control de emisiones de Disulfuro de Carbono**

Uso / Generación	Control
Usado en la producción de rayón, durante la regeneración de celulosa y durante las operaciones de cortado e hilado; usado como agente en la producción de celofán; usado en la producción de pesticidas.	Proceso contenido; extrema ventilación local; ventilación general mecánica; control de temperatura; equipo de protección personal.
Usado como fumigante y aplicaciones en spray en graneros, y espacios de fumigación locales.	Ventilación general mecánica; control de temperatura; equipo de protección personal.
Usado en la síntesis de tetracloruro de carbono.	Proceso contenido; extrema ventilación local; ventilación general mecánica; control de temperatura; equipo de protección personal.
Usado en la síntesis de intermedios y producción de tintes, productos farmacéuticos, cauchos químicos, pesticidas y agentes de flotación.	Proceso contenido; extrema ventilación local; ventilación general mecánica; control de temperatura; equipo de protección personal.
Liberación durante la destilación destructiva de carbón en la producción de gas de carbón y alquitrán.	Proceso contenido; extrema ventilación local; ventilación general mecánica; control de temperatura; equipo de protección personal.
Usado como solvente en el procesamiento de policloruro de vinilo (PVC); como solvente en pozos petroleros; usado en la producción de vidrios ópticos.	Proceso contenido; extrema ventilación local; ventilación general mecánica; control de temperatura; equipo de protección personal.
Usado durante la producción de caucho en operaciones de curado en frío; durante procesos de extracción de aceites, grasas, resinas y ceras; usado en la manufactura de fósforos.	Proceso contenido; extrema ventilación local; ventilación general mecánica; control de temperatura; equipo de protección personal.

**4.12.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE**

El Disulfuro de Carbono se evapora rápidamente cuando se expone al aire y por tal razón la mayoría de escapes de Disulfuro de Carbono van dirigidos directa o indirectamente hacia él. Se disuelve por completo cuando ingresa en lechos acuosos pero por su volatilidad también se evapora del agua y de la tierra expuestos al ambiente. Una vez en el aire, se descompone en otros químicos<sup>(4)</sup>.

La cantidad de Disulfuro de Carbono liberado al aire a través de procesos tanto naturales como artificiales es difícil de determinar debido a las bajas concentraciones que se encuentran en la atmósfera. Esto hace difícil monitorear al Disulfuro de Carbono y explicar cómo se comporta cuando entra en contacto con otros componentes. La mayoría del Disulfuro de Carbono en el aire y la superficie del agua proviene de procesos de producción y manufactura industriales. Sin embargo, se encuentra naturalmente en aguas costeras y oceánicas. También se ha encontrado Disulfuro de Carbono en aguas subterráneas y tierra de algunos lugares que se encuentran bajo investigación por entidades de protección al medio ambiente como la EPA en los Estados Unidos, pero el número de sitios que contienen Disulfuro de Carbono es pequeño.

Cuando el Disulfuro de Carbono se libera en el ambiente se mueve rápidamente hacia el aire donde permanece por algún tiempo cerca del suelo por causa de su mayor densidad relativa. El Disulfuro de Carbono se mueve a través del suelo con una alta velocidad. Cuando se libera accidentalmente sobre la tierra, normalmente se evapora de forma rápida; la parte que no se evapora y por algún motivo se logra mantener sobre el suelo, se mueve rápidamente hacia aguas subterráneas. Se estima que el Disulfuro de Carbono al entrar al medio ambiente se descompone en sustancias más simples después de aproximadamente 12 días, pero debido a su baja

permanencia en el suelo, la descomposición no ocurre en esta ubicación. La descomposición en medio acuoso no ocurre porque es relativamente estable en este elemento <sup>(7)</sup>.

Los principales productos de la oxidación del Disulfuro de Carbono liberado al medio ambiente son dióxido de Azufre, sulfuro de carbonilo y monóxido de Carbono. Eventualmente, estos compuestos se degradan hasta dióxido y sulfato de Carbono. <sup>(9)</sup>

#### **4.12.10.1 AIRE <sup>(11, 18)</sup>**

Existe una gran variedad de fuentes naturales de Disulfuro de Carbono, que incluyen pantanos, océanos, actividad volcánica y geotérmica y actividad microbiológica en el suelo. La cantidad de Disulfuro de Carbono emitido por estas fuentes naturales no se conoce, pero se estima que es pequeña en relación con las fuentes humanas, particularmente la combustión de combustibles fósiles y otros materiales carbonáceos.

La mayor fuente indirecta de emisiones de Disulfuro de Carbono al ambiente provocada por el hombre resulta de su uso en laboratorios, como fumigante y de la degradación de productos de caucho. Pequeñas cantidades de Disulfuro de Carbono se han detectado en vertederos y emisiones de plantas de tratamiento de desechos.

Fuentes directas de Disulfuro de Carbono incluyen la degradación biológica e incineración de desechos.

El tiempo de vida del Disulfuro de Carbono en la atmósfera se ha estimado de aproximadamente 12 días, lo que significa un período de tiempo demasiado corto para que llegue a la estratosfera. Se ha sugerido su remoción debido a las posibles reacciones con los radicales hidroxilo, o por reacción atómica con oxígeno sin disociación.

#### **4.12.10.2 AGUA <sup>(11, 18)</sup>**

A nivel mundial, el Disulfuro de Carbono se encuentra en aguas oceánicas. Lo que ha indicado que aparentemente el océano es una fuente de Disulfuro de Carbono, posiblemente debido a microorganismos anaeróbicos. También se ha encontrado Disulfuro de Carbono en los sedimentos de aguas superficiales térmicas.

El Disulfuro de Carbono también se libera al agua en efluentes industriales, aunque no se espera una permanencia prolongada en el agua debido a su alta presión de vapor, que hace que ésta sustancia tienda a volatilizarse cuando se encuentra en medio acuoso.

La vida media del Disulfuro de Carbono por acción de la volatilización desde el agua se ha estimado entre un intervalo de 11 minutos, para soluciones saturadas y 2,6 horas, para agua de ríos.

El Disulfuro de Carbono no es susceptible a la fácil degradación por hidrólisis; su vida media estimada por estas causas es de alrededor de 1,1 años, tiempo en el cual es más representativo su grado de volatilización hacia la atmósfera.

#### **4.12.10.3 SUELO <sup>(18)</sup>**

El Disulfuro de Carbono es una sustancia con poca afinidad y permanencia en los sedimentos o el suelo y por tal razón presenta una alta movilidad hacia otros medios como el aire, donde llega de forma rápida por volatilización.

Existen varios tipos de microorganismos presentes en el suelo capaces de biodegradar el Disulfuro de Carbono, transformándolo principalmente en sulfuro de carbonilo y sulfuro de Hidrógeno. Por estas causas, la vida media del Disulfuro de Carbono en el suelo se ha estimado en alrededor de 5,500 horas.

#### **4.12.11 ECOTOXICIDAD**

Esta es una sustancia tóxica para la vida acuática pero poco persistente en el medio ambiente. Las plantas y los animales probablemente no almacenan el Disulfuro de Carbono dentro de sus sistemas metabólicos y por eso no se almacena en las cadenas alimenticias <sup>(17)</sup>.

### Toxicidad Para Peces

*Alburnus* CL<sub>50</sub> 96 horas: 65.000 µg/l <sup>(17)</sup>

### Toxicidad en Plantas Acuáticas

*Chlorella Pyrenoidosa* EC<sub>50</sub> 96 semanas: 21.000 µg/l <sup>(17)</sup>

### Toxicidad en Invertebrados Acuáticos

*Daphnia Magna* CL<sub>50</sub> 48 semanas: 2.100 µg/l <sup>(17)</sup>

#### 4.12.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICIÓN

El Disulfuro de Carbono se puede remover de corrientes gaseosas mediante una absorción con aceite o adsorción con Carbón activado. Un método bastante común utilizado en el tratamiento de Disulfuro de Carbono y sulfuro de carbonilo en las plantas de recuperación de Azufre de los gases residuales involucra la hidrogenación e hidrólisis de estos componentes a dióxido de Carbono y Sulfuro de Hidrógeno. El Sulfuro de Hidrógeno se recupera por absorción en soluciones de AlcanolAmina. <sup>(16)</sup>

El Disulfuro de Carbono se puede desechar mediante atomización en una cámara de combustión equipada con dispositivos de eliminación de gases efluentes. <sup>(15)</sup>

#### 4.12.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Environmental Protection Agency (EPA). *Alphabetical Order List of Extremely Hazardous Substances, Carbon Disulfide*. [on line]. Octubre de 1985 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://yosemite.epa.gov/oswer/CeppoEHS.nsf/Profiles/75-15-0?OpenDocument>
2. Environmental Protection Agency (EPA). *Alphabetical Order List of Extremely Hazardous Substances, Carbon Disulfide*. [on line]. Fecha de publicación desconocida, actualizado julio de 2003 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://yosemite.epa.gov/oswer/CeppoEHS.nsf/firstaid/75-15-0?OpenDocument>
3. United States Environmental Protection Agency (EPA). *List of IRIS Substances, Carbon Disulfide* [en línea]. Septiembre de 1987 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0217.htm>
4. United States Environmental Protection Agency (EPA). *Chemicals in the Environment. Carbon Disulfide* [en línea]. Agosto de 1994 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en [http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/f\\_carbds.txt](http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/f_carbds.txt)
5. United States Environmental Protection Agency (EPA). *Chemicals in the Environment. Carbon Disulfide* [en línea]. Agosto de 1994 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en [http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/s\\_carbds.txt](http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/s_carbds.txt)
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; *Managing Hazardous Material Incidents, Carbon Disulfide* [en línea]. Agosto de 1996 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tps82.html>
7. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; *Managing Hazardous Material Incidents, Carbon Disulfide* [en línea]. Septiembre de 1997 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts82.html>
8. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; *Toxicological Profile, Carbon Disulfide* [en línea]. Agosto de 1996 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp82-c2.pdf>
9. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; *Toxicological Profile, Carbon Disulfide* [en línea]. Agosto de 1996 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp82-c3.pdf>

CS<sub>2</sub>

Disulfuro de carbono

10. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Toxicological Profile, Carbon Disulfide [en línea]. Agosto de 1996 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp82-c4.pdf>
11. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Toxicological Profile, Carbon Disulfide [en línea]. Agosto de 1996 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp82-c5.pdf>
12. Organización Mundial de la Salud (OMS). Environmental Health Criteria 10, Carbon Disulfide [en línea]. 1979 [citado en julio 4 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc010.htm>
13. Organización Mundial de la Salud (OMS). International Chemical Safety Cards, Carbon Disulfide [en línea]. Octubre de 2000 [citado en julio 4 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc00/icsc0022.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc00/icsc0022.htm)
14. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Chemical Sampling Information, Carbon Disulfide [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado febrero de 2000 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_225500.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_225500.html)
15. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Occupational Safety and Health Guideline for Carbon Disulfide [en línea]. 1978 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0104.pdf>
16. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman 's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 5; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989
17. Matheson Tri-Gas, Inc. Material Safety Data Sheet, Carbon Disulfide [en línea]. Enero de 1989, revisado Diciembre de 2002 [citado julio 23 2003]. Disponible en <http://www.matheson-trigas.com/msds/MAT04280.pdf>
18. World Health Organization (WHO). Concise International Chemical Assessment Document 46, Carbon Disulfide [en línea]. 2002 [citado octubre 4 de 2003]. Disponible en [http://www.who.int/pcs/cicad/full\\_text/cicad46.pdf](http://www.who.int/pcs/cicad/full_text/cicad46.pdf)

## Disulfuro de carbono

## 4.13

### Etilendiamina

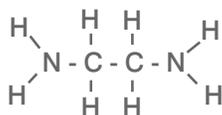
- 4.13.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.13.1.1 SINONIMOS
  - 4.13.1.2 DESCRIPCION
  - 4.13.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.13.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.13.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.13.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.13.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.13.2.1 PRODUCCION
  - 4.13.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.13.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.13.3.1 INHALACION
  - 4.13.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.13.3.3 INGESTION
  - 4.13.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.13.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.13.4. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA
- 4.13.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.13.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.13.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.13.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.13.5.1.3 Inhalación
    - 4.13.5.1.4 Ingestión
    - 4.13.5.1.5 Rescate
  - 4.13.5.2 INCENDIOS
  - 4.13.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.13.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

- 4.13.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.13.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
  
- 4.13.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.13.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.13.8.2 ALMACENAMIENTO
  
- 4.13.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.13.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  
- 4.13.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.13.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION
  
- 4.13.13 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.13.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(2,3,8)</sup>

Fórmula Molecular:  $N_2C_2H_8$

Fórmula Estructural:



CAS: 107-15-3

Número UN: 1604

Riesgo Principal UN: 8

Riesgo Secundario UN: 3

#### 4.13.1.1 SINÓNIMOS <sup>(3,4)</sup>

1,2-Etenamina; Dimetilendiamina; 1,2-Diaminoetano; Ethylenediamine (Inglés); Aethaldiamin (Alemán)

#### 4.13.1.2 DESCRIPCIÓN <sup>(1,2,3,5,7)</sup>

En condiciones de presión y temperatura ambiente, la Etilendiamina es un líquido espeso, higroscópico, incoloro o ligeramente amarillo de olor amoniacal. Es infinitamente soluble en agua, metanol, dietil éter, acetona y benceno pero es poco soluble en hidrocarburos ligeros. Absorbe con facilidad el DiÓxido de Carbono ( $CO_2$ ) del aire. Su comercialización se realiza en botellas de vidrio, empaques de 1 a 5 galones, canecas de 55 galones y carros tanque.

#### 4.13.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES <sup>(8)</sup>

Componente	Contenido	Peligroso
Etilendiamina	100 %	Sí

#### 4.13.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(1,3,8)</sup>

Tabla 42. Propiedades físicas para la Etilendiamina

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	60,12
Estado Físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	116
Punto de Fusión (°C)	8,5
Presión de Vapor (mmHg)	10,7; 20 °C 199; 80 °C
Gravedad Específica (Agua = 1)	0,9
Densidad del Vapor (Aire = 1)	2,07
pH	11,9; 25 °C, Solución 25%
Solubilidad en Agua	Libremente soluble
Límites de Inflamabilidad (% vol)	2,7 – 16,6
Temperatura de Auto Ignición (°C)	385
Punto de Inflamación (°C)	34; copa cerrada

#### 4.13.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS <sup>(1)</sup>

Como todas las aminas, la Etilendiamina forma sales mono y diácidas, de las que se libera por adición de soluciones alcalinas inorgánicas. La reacción de esta sustancia con Acido cloroacético o con formaldehído y cianuro de Hidrógeno o un cianuro de metal alcalino genera Acido etilen- diamino-tetraacético, que posee una remarcada importancia comercial en el mercado de los agentes quelantes. Forma sales complejas con las sales de cobre, Magnesio y cobalto.

$N_2C_2H_8$

Etilendiamina

Cuando se calienta junto con un Acido graso bajo condiciones que favorezcan la deshidratación, mono o diamida, que se convierte posteriormente en imidazolina por reacción de ciclización. A altas temperaturas y en presencia de catalizador, se elimina Amoniacó de la Etilendiamina que posteriormente forma anillos generando piperazina. Reacciona con aldehídos y cetonas formando bases de Schiff que se hidrogenan hasta aminas secundarias. La reacción de condensación con 1,2-dicetonas provoca eliminación de agua y genera la correspondiente 2,3-dihidropirazina, que se deshidrogena rápidamente hasta pirazinas. Reacciona con fosgeno y forma 2-imidazolina.

#### **4.13.1.5.1 Incompatibilidades** <sup>(5, 7)</sup>

Produce reacciones violentas con Disulfuro de Carbono, Perclorato de Plata, iminas, agentes oxidantes y Acido fuertes. En contacto con llamas o con suficiente calor, se descompone emitiendo Oxidos tóxicos de Nitrógeno.

### **4.13.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS**

#### **4.13.2.1 PRODUCCIÓN** <sup>(1)</sup>

Existen tres forma comerciales de producción de esta sustancia. La primera consiste en la reacción de de Cloruro de Etileno y Amoniacó líquido a temperaturas alrededor de los 100 °C; esta es la principal forma de producción industrial. La segunda forma es un proceso continuo que alimenta etanolamina y Amoniacó a un lecho catalítico de cobalto a 20 MPa y 150 – 230 °C; el rendimiento de este proceso es del 74%. El tercer método de producción es el correspondiente a la reacción de Oxido de Etileno con Amoniacó.

Otros procesos de producción de Etilendiamina incluyen la reacción catalítica de formaldehído con Acido hidrocianico, Amoniacó e Hidrógeno; la reacción de Cloruro de cloroacetilo con Amoniacó y la hidrogenación de aminoacetonitrilo.

#### **4.13.2.2 APLICACIONES Y USOS** <sup>(1, 9)</sup>

La Etilendiamina se usa como solvente de caseína, albúmina y Azufre. Se usa como emulsificante, estabilizante para látex de caucho, inhibidor en soluciones anticongelantes y como intermediario en la síntesis de agentes quelantes y fungicidas de carbamato.

En las aplicaciones como fungicida se convierte en sales de Zinc y Magnesio del Acido bis-ditiocarbámico. Los condensados de diaminoetano – poliéster que se hidroximetilan con formaldehído se usan como plastificantes en resinas de fenol – formaldehído. Se usa en la industria de los textiles para mejorar la resistencia mecánica de algunas fibras. Los adhesivos termoplásticos se fabrican por condensación oligomérica de Acidos grasos con Etilendiamina.

### **4.13.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD**

#### **Frases de Riesgo**

**R10:** Inflamable

**R21/22:** Nocivo en contacto con la piel y por ingestión

**R34:** Provoca quemaduras

**R42/43:** Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel

La Etilendiamina se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión. Sus vapores son corrosivos para los ojos, la piel y el tracto respiratorio, donde puede generar edema pulmonar. La exposición aguda puede generar tos, dificultad para respirar, irritación de los pulmones y neumonía; en ocasiones se puede presentar náusea, vómito y diarrea. Dependiendo de la intensidad y la duración de la exposición, los efectos pueden variar desde solo irritación leve hasta una severa destrucción tisular <sup>(2, 5, 8)</sup>.

Otros de los peligros importantes que representa la Etilendiamina son su alta inflamabilidad y el potencial de generar mezclas explosivas en el aire <sup>(3)</sup>.

#### **4.13.3.1 INHALACIÓN**

La rápida evaporación de esta sustancia, aún a 20 °C, hace que se alcance rápidamente una concentración nociva

en el aire. Aspirar sus vapores causa irritación de nariz, garganta y tracto respiratorio en general con sensación de ardor, tos, dificultad respiratoria, jadeo, dolor en la garganta y en algunos casos, edema pulmonar. Concentraciones de 200 ppm durante un lapso de tiempo de 5 a 10 minutos genera irritación del tracto respiratorio; en el mismo periodo de tiempo, 400 ppm o mayores generan efectos tales que pueden ser fatales; concentraciones de 100 ppm no son irritantes. Una característica de esta sustancia es que, además de sus propiedades irritantes, puede causar alergias respiratorias en individuos sensibles <sup>(3, 5, 7, 8)</sup>.

Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto de forma inmediata sino hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles <sup>(5)</sup>.

#### 4.13.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS

La Etilendiamina posee dos características por las que se considera nociva por el contacto con la piel o los ojos. La primera de ellas constituye sus propiedades irritantes sobre cualquier superficie corporal con la que entra en contacto y la segunda se debe a su posibilidad de absorción por la piel. De esta forma, irrita los ojos provocando enrojecimiento, visión borrosa y en los casos más graves quemaduras superficiales de las membranas oculares. En la piel posee efectos similares, presentándose irritación severa, dolor local y quemaduras. Por su posibilidad de ingreso a través de la piel, llega hasta los riñones y el hígado, donde causa efectos adversos. Existen personas específicamente alérgicas a esta sustancia que pueden desarrollar cuadros de irritación más graves <sup>(2, 3, 8)</sup>.

Estudios en conejos sobre efectos oculares muestran que soluciones acuosas de 5% de Etilendiamina generan irritación extrema y daño en la cornea, además se observó opacidad parcial en la cornea como resultado del contacto <sup>(7)</sup>.

#### 4.13.3.3 INGESTIÓN

No existen muchas referencias acerca de los efectos que posee esta sustancia al ser ingerida pero por sus características irritantes y corrosivas puede producir dolor del tracto digestivo superior como la boca y el esófago, puede producir dolor abdominal y de garganta; además se sabe que en algunos casos produce náusea, vómito y diarrea <sup>(3, 8)</sup>.

#### 4.13.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis y sensibilización de la piel. La exposición a sus vapores de forma prolongada o repetida puede llegar a originar asma. Igualmente por exposición crónica se puede presentar daño hepático, renal y pulmonar <sup>(5, 8)</sup>.

#### 4.13.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS <sup>(7)</sup>

En un estudio de exposición en ratas a 4000 ppm por 8 horas fue fatal de forma uniforme como resultado de daño renal. Otro estudio reportó la muerte del 100% de ratas expuestas diariamente por 30 días a 484 ppm; en los análisis posteriores a los decesos se observó daño en los pulmones, el hígado y los riñones.

### 4.13.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL<sub>50</sub> (oral, ratas): 500 mg/kg <sup>(8)</sup>

DL<sub>50</sub> (piel, conejos): 730 mg/kg <sup>(8)</sup>

La IARC (International Institute for Research on Cancer) no incluye a la Etilendiamina dentro de ninguna de sus listas de sustancias cancerígenas <sup>(8, 9)</sup>.

### 4.13.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.



Etilendiamina

#### 4.13.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

En el evento de una emergencia con esta sustancia que involucre una persona, la víctima debe recibir los procedimientos de primeros auxilios y se debe remitir a un centro asistencias para recibir evaluación y atención médica.

La exposición aguda a la Etilendiamina puede requerir descontaminación de las víctimas. El personal de emergencia debe portar equipo de protección personal para evitar entrar en contacto de alguna manera con la sustancia cuando se encuentre prestando la atención de primeros auxilios<sup>(2)</sup>.

##### 4.13.5.1.1 Exposición en Ojos

Las víctimas se deben retirar del peligro lo más rápidamente. Los ojos se deben enjuagar con abundante cantidad de agua por lo menos durante 15 minutos levantando ocasionalmente los párpados para retirar el material que se haya podido acumular en estas superficies. No se deben usar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia. Si están presentes en los ojos objetos extraños como lentes de contacto, éstos se deben retirar si se puede hacer con facilidad evitando generar cualquier lesión adicional. Siempre se debe solicitar atención médica<sup>(2, 5, 8)</sup>.

##### 4.13.5.1.2 Exposición en la Piel

El área de la piel contaminada con Etilendiamina se debe lavar con abundante agua durante por lo menos 15 minutos. La ropa contaminada se debe retirar de forma inmediata y se debe lavar antes de usar de nuevo. Se debe recibir atención médica<sup>(5, 8)</sup>.

##### 4.13.5.1.3 Inhalación

Las víctimas de inhalación de gases y vapores de Etilendiamina se deben ubicar en zonas con aire fresco y se debe mantener en reposo ya que los efectos se intensifican con el esfuerzo físico. Las personas que atiendan las emergencias con esta sustancia deben evitar la propia exposición. Si la víctima ha cesado de respirar se debe realizar el procedimiento de respiración artificial hasta que se recupere o hasta que llegue personal calificado de atención. En el caso de respiración dificultosa y si en las instalaciones existe equipo de respiración auxiliar con oxígeno, este procedimiento se debe administrar hasta la llegada de personal de atención de emergencias calificado. La víctima debe recibir asistencia médica<sup>(2, 5, 8)</sup>.

##### 4.13.5.1.4 Ingestión

Si una persona ingiere esta sustancia, no se debe inducir el vómito. Inicialmente se debe enjuagar la boca evitando tragar el agua y posteriormente se deben administrar grandes cantidades de agua o leche para diluir los contenidos estomacales. No se debe administrar nada por vía oral a personas que hayan perdido el conocimiento o que se encuentren en estado de shock. Las víctimas de ingestión siempre deben recibir atención médica<sup>(2, 5, 8)</sup>.

##### 4.13.5.1.5 Rescate

Las personas afectadas se deben retirar de la zona de peligro. Cuando la víctima se encuentre fuera de riesgo, el peligro se debe notificar a alguien más y se deben poner en práctica los procedimientos de emergencia establecidos en la instalación. El personal que trabaje en ambientes donde se pueda presentar exposición de algún tipo a la Etilendiamina debe ser entrenado en procedimientos de emergencia adecuados para cada instalación específica. Se debe identificar la ubicación de los elementos de seguridad y de primeros auxilios antes que se presente la necesidad<sup>(7)</sup>.

#### 4.13.5.2 INCENDIOS

La Etilendiamina es una sustancia combustible. En casos de ocurrir incendios que impliquen la combustión de esta sustancia se puede usar espuma, agua atomizada o DiÓxido de Carbono. La ignición de vapores de esta sustancia puede conducir el fuego de regreso a la fuente de liberación. Si se presenta fuego cerca de los contenedores de la Etilendiamina, se deben mantener fríos por medio de la aplicación de agua rociada sobre ellos<sup>(2, 5)</sup>.

El personal encargado de la extinción de incendios debe estar protegido con ropa impermeable que incluya guantes y botas. Cuando sea necesario el ingreso en áreas cerradas, se debe usar equipo de respiración completo para todo el rostro<sup>(3)</sup>.

#### 4.13.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS <sup>(5, 7, 8)</sup>

En el evento de fuga o derrame de Etilendiamina se deben realizar los siguientes procedimientos:

1. Remover todas las posibles fuentes de ignición de las cercanías.
2. Ventilar el área de derrame o fuga.
3. Los derrames pequeños se pueden absorber con una toalla de papel que luego se puede dejar evaporando en una campana extractora apropiada por suficiente tiempo. Cantidades considerables se pueden coleccionar y atomizar en una cámara de combustión. También se puede absorber con arena seca, vermiculita o tierra y se puede ubicar posteriormente en un recipiente hermético para su disposición. No se deben usar materiales combustibles para su absorción como aserrín. No se debe dejar que esta sustancia alcance drenajes y tuberías de desagüe debido al riesgo de explosión.

Las personas que no porten equipo de seguridad apropiado se deben retirar de las áreas de derrame o fuga hasta que se completen los procedimientos de limpieza.

#### 4.13.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 10 ppm; 25 mg/m<sup>3</sup> (1993-1994) <sup>(5)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 10 ppm; 25 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no publicada) <sup>(6)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 10 ppm; 25 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no publicada) <sup>(6)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 2000 ppm; 5000 mg/m<sup>3</sup> (1978) <sup>(3)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permissible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

#### 4.13.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(7)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropa de seguridad, guantes, barreras faciales (mínimo de 8 pulgadas) y otra ropa de protección necesaria para prevenir cualquier posibilidad de contacto de la piel con Etilendiamina sólida o líquida.
- Si la ropa de los empleados ha tenido alguna posibilidad de verse contaminada con Etilendiamina sólida, los empleados se deben cambiar esa ropa por una no contaminada antes de dejar los lugares de trabajo.
- La ropa que haya tenido alguna posibilidad de ser contaminada con Etilendiamina sólida o líquida se debe ubicar en un contenedor cerrado para su almacenamiento hasta que se pueda remover esta sustancia de la ropa por algún procedimiento de lavado. Si la ropa contaminada se va a lavar, la persona encargada de la limpieza debe estar informada acerca de las propiedades peligrosas de la Etilendiamina.
- Donde exista cualquier posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Etilendiamina sólida o líquida, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del químico en el área inmediata de trabajo para uso en caso de emergencias.
- La ropa que se contamine con Etilendiamina sólida o líquida se debe retirar de manera inmediata y no se debe volver a usar hasta que se haya retirado la sustancia.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras y de polvo donde exista alguna posibilidad que Etilendiamina sólida, líquida o soluciones de Etilendiamina entren en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que los ojos de los empleados estén expuestos a Etilendiamina sólida, líquida o soluciones de Etilendiamina con contenido mayor del 5% en peso, se debe proveer una ducha lavaojos en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.

##### 4.13.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(7)</sup>

Se debe usar equipo de protección respiratoria (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de insta-



lación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 43. Protección respiratoria mínima para Etilendiamina en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 10 ppm (OSHA)
Concentración de vapores de hasta 500 ppm	Un respirador de cartucho químico con pieza facial completa y un cartucho de protección contra Etilendiamina. Una máscara de gases de tipo mentón o de cilindro frontal o posterior que provea protección contra Etilendiamina. Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa.
Concentración de vapores de hasta 2000 ppm	Un respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva o con careta completa, yelmo o capucha operado en flujo continuo. Dispo-
Concentraciones mayores a 2000 ppm o concentraciones desconocidas	sitivo de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva. Una combinación de un respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva o flujo continuo y un dispositivo auxiliar de respiración autocontenido operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Lucha contra incendios	Un dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier máscara de gases

Tomado de "OSHA; Occupational Health Guideline for Ethylenediamine"(7)

#### 4.13.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con Etilendiamina, las personas involucradas se deben entrenar en su manejo y almacenamiento. Además deben estar entrenados en el uso del equipo de protección personal.

En cualquier instalación de manejo de Etilendiamina se debe limitar la presencia de llamas abiertas, la generación de chispas por parte de circuitos eléctricos y por la acumulación de cargas electrostáticas y finalmente se debe prohibir fumar. Para evitar riesgos de explosión en instalaciones donde la temperatura ambiente pueda alcanzar los 34 °C, se debe operar el proceso en condiciones de sistema cerrado con ventilación de extracción local y equipo eléctrico a prueba de explosiones <sup>(5)</sup>.

Los empleados deben usar equipo de protección como guantes, pantalla facial y ropa impermeable manufacturada en caucho butilo, Vitón o Neopreno. No se debe comer ni beber durante el trabajo con Etilendiamina <sup>(5)</sup>.

##### 4.13.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.

**S23:** No respirar los gases / humos / vapores / aerosoles (denominación adecuada a especificar por el fabricante).

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase al médico.

**S36/37/39:** Usense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos / la cara.

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible muéstrela la etiqueta)

#### 4.13.8.2 ALMACENAMIENTO

Las bodegas o cuartos de almacenamiento de Etilendiamina deben ser lugares frescos, secos y bien ventilados, lejos de áreas con peligro de incendio. Se prefiere mantener esta sustancia en un almacenamiento exterior o separado, separado de los materiales incompatibles especificados en el numeral

Los contenedores se deben proteger del daño físico y se deben mantener bien cerrados, enlazados y puestos a tierra cuando se realizan las transferencias para evitar chispas por acumulación de cargas estáticas. Se debe usar equipo y herramientas que no produzcan chispas, incluyendo ventilación para evitar explosión. Los recipientes vacíos de este material pueden ser peligrosos debido a la presencia de residuos líquidos o vapores.<sup>(5,8)</sup>

#### 4.13.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES<sup>(7)</sup>

**Tabla 44. Usos, generación y control de emisiones de Etilendiamina**

Uso / Generación	Control
Usado en la manufactura de fungicidas y pesticidas de carbamato.	Ventilación de extracción local, ventilación de dilución general, equipo de protección personal.
Usado en la manufactura de agentes quelantes en pigmentos, jabones y compuestos de limpieza, tratamiento de aguas, en agricultura, en el procesamiento del caucho, en el procesamiento de pulpa y papel y en la limpieza de metales.	Ventilación de extracción local, ventilación de dilución general, equipo de protección personal.
Usado en la manufactura de resinas de urea para la industria del papel y las fibras textiles; en la producción de insecticidas, compuestos de caucho y medicamentos.	Ventilación de extracción local, ventilación de dilución general, equipo de protección personal.
Usado como activador en resinas epoxy; e la preparación de adhesivos Spandex, tintas, recubrimientos superficiales, agentes de entrecruzamiento, plastificantes, compuestos para el curado de resinas y como asistente en la preparación de colorantes.	Ventilación de extracción local, ventilación de dilución general, equipo de protección personal.
Usado en la manufactura de surfactantes, agentes emulsificantes, agentes humectantes, dispersantes, inhibidores de corrosión, detergentes y tratamientos superficiales de fibras textiles.	Ventilación de extracción local, ventilación de dilución general, equipo de protección personal.
Usado en síntesis orgánica para la preparación de intermediarios de colorantes, compuestos heterocíclicos, fármacos, inhibidores de corrosión, adhesivos y sales.	Ventilación de extracción local, ventilación de dilución general, equipo de protección personal.
Usos misceláneos como agente de lustrado en electroplateado, estabilizante de lubricantes, químicos de procesamiento de caucho, solvente para caseína, albúmina y azufre.	Ventilación de extracción local, ventilación de dilución general, equipo de protección personal.

#### 4.13.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

Cuando se libera en el suelo, este material puede sufrir procesos de degradación moderados, también se puede filtrar hasta alcanzar lechos acuíferos subterráneos o se puede evaporar y alcanzar el aire atmosférico. Cuando se libera en el agua, se puede biodegradar en grado moderado; por el contrario al caso de la liberación en el suelo, no se evapora significativa una vez ingresa al agua. Cuando se libera en el aire, la Etilendiamina se degrada rápidamente por acción de reacciones con radicales hidroxilo producidos fotoquímicamente. En el aire se presenta deposición por vía húmeda debida a lluvias o niebla que traen de regreso la Etilendiamina a la tierra y a los lechos acuosos<sup>(8)</sup>.

#### 4.13.11 ECOTOXICIDAD<sup>(6)</sup>

##### Toxicidad para Peces

Los valores de LC<sub>50</sub>/96 horas son superiores a 100 mg/l.

No se espera que este material se bioacumule significativamente.

#### 4.13.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

Lo que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejado como desecho peligroso y enviado a un incinerador o eliminado en una instalación para desechos peligrosos. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de manejo del desecho<sup>(6)</sup>

#### 4.13.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros: Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 2; Quinta edición completamente revisada; editorial VCH; New York, USA; 1989.
2. Environmental Protection Agency (EPA). Emergency First Aid Treatment Guide, Ethylenediamine [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado agosto de 2003 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible en <http://yosemite.epa.gov/oswer/CeppoEHS.nsf/firstaid>
3. Environmental Protection Agency (EPA). EPA Chemical Profile, Ethylenediamine [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado agosto de 2003 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible en <http://yosemite.epa.gov/oswer/CeppoEHS.nsf/Profiles/107-15-3?OpenDocument>
4. Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS substances, Ethylenediamine [en línea]. enero de 1991 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0528.htm>
5. Organización Internacional del Trabajo (OIT). Internacional Chemical Safety Cards, Ethylenediamine [en línea]. Revisado noviembre de 1999 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible en <http://internet.mtas.es/lnsht/pcsnspr/nspn0269.htm>
6. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Chemical Sampling Information, Ethylenediamine [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisión Diciembre de 1998 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_240390.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_240390.html)
7. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Occupational Health Guideline for Ethylenediamine [en línea]. 1978 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0269.pdf>
8. Mallinckrod, Baker Inc. Material Safety Data Sheet, Ethylenediamine [en línea]. Noviembre de 2001 [citado agosto 10 de 2003]. Disponible en <http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/E4500.htm>
9. Organización Internacional del Trabajo (OIT). Chemical Safety Training Modules, Annex 5. List of Classified Carcinogens [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/iarclist.htm>

Etilendiamina

4.14

Fenol

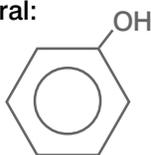
- 4.14.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.14.1.1 SINONIMOS
  - 4.14.1.2 DESCRIPCION
  - 4.14.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.14.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.14.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.14.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.14.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.14.2.1 PRODUCCION
    - 4.14.2.1.1 Oxidación de Cumeno
  - 4.14.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.14.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.14.3.1 INHALACION
  - 4.14.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.14.3.3 INGESTION
  - 4.14.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.14.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.14.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
  - 4.14.4.1 CANCER
  - 4.14.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS Y DEL DESARROLLO
  - 4.14.4.3 EFECTOS GENOTOXICOS
- 4.14.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.14.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.14.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.14.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.14.5.1.3 Inhalación
    - 4.14.5.1.4 Ingestión
    - 4.14.5.1.5 Rescate
  - 4.14.5.2 INCENDIOS
  - 4.14.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

- 4.14.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
  
- 4.14.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.14.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
  
- 4.14.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.14.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.14.8.2 ALMACENAMIENTO
  
- 4.14.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.14.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.14.10.1 SUELO
  - 4.14.10.2 AIRE
  - 4.14.10.3 AGUA
  
- 4.14.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.14.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION
  
- 4.14.13 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.14.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA

**Fórmula Molecular:** C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O

**Formula Estructural:**



**CAS:** 108-95-2

**Número UN:**

1671 (Sólido)

2312 (Fundido)

2821 (solución).

**Clase de Riesgo Principal UN:** 6.1

##### 4.14.1.1 SINÓNIMOS<sup>(9, 16)</sup>

Ácido Carbólico, Ácido Fénico, Ácido Fenílico, Ácido Fenólico, Alcohol Fenílico, Alcohol Fenilo, Bencenol, BenzaFenol, Fenil Hidrato, HidroxiBenceno, Hidróxido Fenilo, Izal, MonoFenol, MonohidroxiBenceno, OxiBenceno, Phenol (Inglés), Venzénol (Francés), Steinkohlenkreosot (Alemán).

##### 4.14.1.2 DESCRIPCIÓN<sup>(1, 4, 2)</sup>

Cuando el Fenol se encuentra puro, se trata de un sólido cristalino entre incoloro y blanco, que posee un olor característico dulce y alquitranado; a temperatura ambiente se encuentra también como un polvo blanco; en contacto con el aire, sus cristales son altamente higroscópicos y toman una coloración entre rosada y rojiza<sup>(2)</sup>. El producto comercial es una solución de Fenol en agua, densa y almibarada.

El contenido mínimo de Fenol en el aire y en el agua, detectable por el olfato humano (40 ppb en aire y 1 ppm en agua)<sup>(1, 4)</sup>, es inferior al contenido peligroso para la salud, lo que ayuda a prevenir el riesgo de exposición severa. El Fenol es un reactivo inflamable, altamente corrosivo.

El Fenol es moderadamente volátil a temperatura ambiente (se evapora con mayor lentitud que el agua). Es soluble en Alcohol, Glicerol, petróleo y una cantidad moderada del mismo puede solubilizarse con agua; a temperaturas por encima de 68°C, el Fenol es completamente soluble en agua.

##### 4.14.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Se comercializa en forma sólida, con una pureza del 99% en peso; en este caso, el Fenol contiene como impurezas: Cloro (<0.001%), Sulfatos (<0.005%), metales pesados (<0.001%), y sustancias relacionadas (<0.05%)<sup>(10)</sup>.

C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O

Fenol

##### 4.14.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS<sup>(4, 2, 16, 10)</sup>

Tabla 45. Propiedades físicas para el Fenol

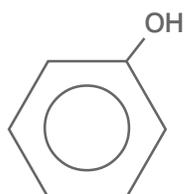
PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	94,1
Estado Físico	Sólido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	181,75
Punto de Fusión (°C)	43 40,9 (material ultrapuro)

**Tabla 45. Propiedades físicas para el Fenol (continuación)**

PROPIEDAD	VALOR
<b>Presión de Vapor (mmHg)</b>	0,357 a 20°C 2,48 a 50°C 41,3 a 100°C
<b>Gravedad Específica (Agua = 1)</b>	1,0545 a 45°C, agua 4°C
<b>Densidad del Vapor (Aire = 1)</b>	3,24
<b>Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)</b>	No Reportado
<b>Solubilidad en Agua (g/ml)</b>	0,067 a 16°C
<b>Koc</b>	2900 dm <sup>3</sup> /kg
<b>Límites de Inflamabilidad (% vol)</b>	1,7 - 8,6
<b>Temperatura de Auto ignición (°C)</b>	715
<b>Punto de Inflamación (°C)</b>	79 copa cerrada
<b>pH</b>	4,8 – 6,0 al 5% en agua

#### 4.14.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS <sup>(16)</sup>

El Fenol posee en su estructura un anillo bencénico, y tiene un grupo Hidroxilo en lugar de uno de los átomos de Hidrógeno propio del Benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), tal y como lo muestra la siguiente estructura:



Gracias a la presencia del anillo bencénico dentro de su estructura, el Fenol posee la capacidad de estabilizarse. Esta posibilidad de estabilización del Fenol hace que pueda perder con relativa facilidad el Hidrógeno de su grupo Hidroxilo, haciendo que se comporte como un ácido débil. En presencia de grupos electrofílicos (orientadores–meta) se enfatizan las propiedades ácidas del Fenol.

El Fenol es sensible a agentes oxidantes. La escisión del átomo de Hidrógeno perteneciente al grupo Hidroxilo del Fenol, es sucedida por la estabilización por resonancia del radical feniloxilo resultante. El radical así formado puede continuar oxidándose con facilidad; el manejo de las condiciones de oxidación y del tipo de agente oxidante empleado, puede conllevar a la formación de productos tales como dihidroxiBenceno, trioxiBenceno y/o quinonas. Las propiedades químicas mencionadas, hacen del Fenol un buen antioxidante, que actúa como un agente de captura de radicales.

El Fenol sufre múltiples reacciones de sustitución electrofílica, tales como halogenación y sulfonación. También reacciona con compuestos carbonílicos, tanto en medio ácido como básico. En presencia del Formaldehído (CHOH), el Fenol es hidroximetilado con subsecuente condensación, dando como resultado la formación de resinas.

El Fenol es un material combustible en sí mismo, que se quema en presencia de Oxígeno, y puede producir Monóxido de Carbono (CO) como producto de combustión incompleta, el cual es un gas tóxico.

##### 4.14.1.5.1 Incompatibilidades <sup>(2, 12)</sup>

El calor contribuye a la inestabilidad del Fenol. Su contacto con oxidantes fuertes, especialmente con Hipoclorito de Calcio (CaClO), puede causar explosiones e incendios. El Fenol líquido ataca algunos tipos de plásticos, cauchos y recubrimientos. El Fenol líquido caliente puede atacar Aluminio (Al), Magnesio (Mg), Plomo (Pb), y Zinc (Zn) metálicos.

## 4.14.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

### 4.14.2.1 PRODUCCIÓN <sup>(2,4,16,5)</sup>

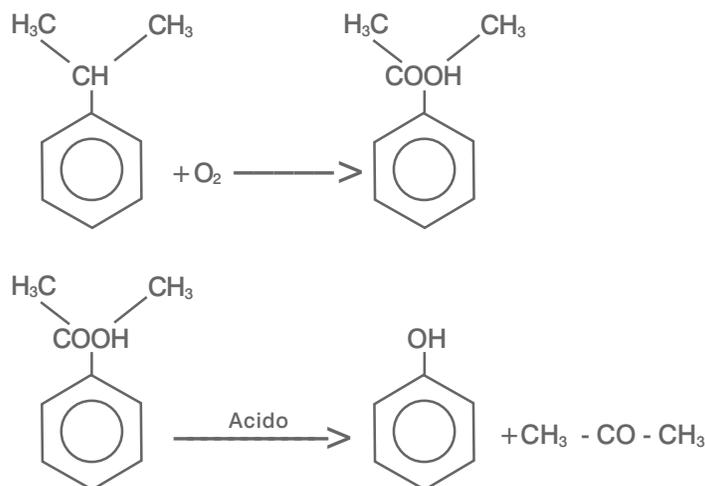
Las rutas de obtención de Fenol que se emplean comercialmente son:

- Proceso de separación física del Fenol mediante destilación fraccionada del alquitrán de hulla <sup>(2)</sup> o del petróleo <sup>(4)</sup>.
- Síntesis química por oxidación parcial de Cumeno ( $C_6H_5(CH_3)_2$ ) o Tolueno ( $C_7H_8$ ) <sup>(4)</sup> o por hidrólisis de CloroBenceno ( $C_6H_5Cl$ ) en fase vapor <sup>(16)</sup>.

De las rutas mencionadas, solamente tienen importancia comercial la oxidación de Cumeno y La oxidación de Tolueno <sup>(5)</sup>. La oxidación parcial de Cumeno es el proceso más ampliamente empleado en la fabricación del Fenol (En 1995 el 95% del Fenol producido en EE.UU. se obtuvo por esta ruta) <sup>(4)</sup>, y es el proceso de producción que se explica a continuación.

#### 4.14.2.1.1 Oxidación de Cumeno <sup>(5)</sup>

El proceso de producción de Fenol mediante la oxidación de Cumeno consta de dos etapas, en la primera de ellas se da la formación de un hidroperóxido de Cumeno por oxidación del Cumeno, y la segunda consiste en el rompimiento del hidroperóxido con formación de Fenol y Acetona. Las dos reacciones implicadas en este proceso se muestran a continuación.



- **Oxidación.** La oxidación de Cumeno con aire o una mezcla de aire y Oxígeno ( $O_2$ ), se hace sobre el principio de columna de burbuja, en un reactor de acero inoxidable. Los reactores que pueden tener una altura superior a los 20 m, se conectan en cascada en serie para alcanzar una distribución de tiempos de residencia óptimos. En la industria son comunes las series de entre 2 y 4 reactores. La oxidación se lleva a cabo a temperatura entre 90 y 120°C y a presiones de entre 0.5 y 0.7 Mpa. La reacción se realiza en un sistema alcalino estabilizado a pH 7-8, o en un sistema inestable a pH entre 3 y 6.

La reacción de oxidación es auto-catalítica, esto significa que la velocidad de reacción incrementa a medida que aumenta la concentración de hidroperóxido. La reacción es exotérmica, se liberan 800 kJ por kilogramo de hidroperóxido de Cumeno formado, que se retiran mediante refrigeración.

El contenido de Oxígeno en el gas de salida del reactor es de 1-6% en volumen. La concentración crítica de Oxígeno para que se presente la ignición de una mezcla de Cumeno – Nitrógeno y Oxígeno es de 8.5% en volumen a la presión de reacción de 0.5 – 0.6 Mpa. La mezcla de oxidación contiene un 20 a 30% de hidroperóxido de Cumeno. Si la oxidación se hace en sistemas alcalinos estabilizados, la mezcla de oxidación se lava con agua para retirar sales inorgánicas; luego de ello, se retira el Cumeno que quedó sin reaccionar, del efluente del reactor, mediante destilación al vacío que permita lograr un contenido de hidroperóxido de 65 a 90%, antes del rompimiento.



- **Rompimiento.** El rompimiento del hidroperóxido de Cumeno a Fenol y Acetona, catalizado por ácido, sigue un mecanismo iónico. El ácido sulfúrico se emplea casi en forma exclusiva como el catalizador en esta industria.

El rompimiento catalizado por ácido se realiza de dos maneras: en proceso homogéneo y en proceso heterogéneo. El proceso homogéneo emplea un exceso de Acetona y 0.1 a 2% de ácido sulfúrico; se realiza a la temperatura de ebullición de la mezcla hidroperóxido de Cumeno – Acetona, que depende del contenido de ésta última; esta reacción es muy exotérmica (1680 kJ por kg de hidroperóxido de Cumeno), la remoción de calor se hace en este caso mediante la evaporación de Acetona de la mezcla reaccionante. El proceso heterogéneo se hace empleando ácido sulfúrico al 40 - 45%, en una relación concentrado: ácido de 1:5; estos compuestos se mezclan en una bomba centrífuga, y se llevan a un recipiente en que ocurre la reacción y se mantiene a temperatura a 50 - 60°C gracias a un sistema de enfriamiento.

- **Purificación.** El ácido sulfúrico se retira o se neutraliza para evitar la corrosión de los equipos posteriores y para impedir la catálisis ácida de la condensación de los productos de la ruptura. La neutralización del ácido se puede hacer con solución de hidróxido de Sodio o de ion Fenolato. Luego de la neutralización se procede a hacer una destilación de la mezcla, cuyo primer producto es la Acetona cruda. El Fenol crudo destilado se purifica por destilación extractiva con agua o pasándolo por una resina acídica de intercambio iónico. Las destilaciones subsiguientes del Fenol permiten llevarlo hasta una concentración superior al 99.9%.

#### 4.14.2.2 APLICACIONES Y USOS <sup>(1, 2, 3, 4)</sup>

El Fenol se utiliza en modo directo como componente de productos medicinales y de aseo, pero principalmente constituye la materia prima para la fabricación de otros reactivos y de productos finales.

Algunas de las industrias en que se utiliza el Fenol son las de explosivos, fertilizantes, pinturas, plásticos, caucho, textiles, adhesivos, drogas, papel, jabones, reveladores fotográficos, inmunizantes para madera, quitaesmaltes, lacas, caucho, tinta, perfumes y juguetes <sup>(16)</sup>.

El mayor uso que se da al Fenol es como intermediario en la fabricación de resinas fenólicas <sup>(1, 2, 3, 4)</sup>. Sin embargo, también se utiliza en la fabricación de Caprolactama (C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>NO) y BisFenol A (2,2-bis-1-hidroxifenilpropano). La Caprolactama se emplea en la fabricación de nylon 6 y otras fibras sintéticas, mientras que el BisFenol A se emplea en la producción de resinas epóxicas y otro tipo de resinas. Otros reactivos en cuya producción el Fenol hace las veces de precursor son: Anilina, alquilFenoles, xilenoles y otros <sup>(4)</sup>.

El Fenol fue ampliamente utilizado durante el siglo XIX en el tratamiento de heridas, y como un antiséptico y anestésico local, actualmente se utiliza también como antiprurítico, agente cauterizante, anestésico tópico, y como repelente químico para la piel <sup>(2)</sup>. Los usos medicinales actuales del Fenol incluyen su incorporación en desinfectantes, antisépticos, lociones, pomadas, ungüentos, gotas para los oídos y la nariz, lociones para heridas, lavados bucales, gotas para el dolor de muelas, analgésicos tópicos, y lociones antisépticas <sup>(4)</sup>. Otra aplicación medicinal del Fenol es como agente neurológico, aplicado para aliviar espasmos y dolores crónicos.

#### 4.14.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD <sup>(2, 16)</sup>

##### Frases de Riesgo <sup>(15)</sup>

**R24/25:** Tóxico en contacto con la piel y por ingestión

**R34:** Provoca quemaduras

El Fenol es una sustancia corrosiva que produce quemaduras químicas en el sitio de contacto <sup>(2)</sup>. El contacto de cualquier tejido con el Fenol puro provoca quemaduras profundas y de difícil sanado, sin embargo existe evidencia que

indica que el Fenol no es un alérgeno<sup>(16)</sup>. La inhalación del vapor del Fenol puede causar irritación del tracto respiratorio. Las soluciones de Fenol también son corrosivas, a la piel y los ojos. Su carácter inflamable hace posible la ocurrencia de incendios.

El Fenol se absorbe fácilmente por todas las rutas de exposición, y puede ocasionar efectos sistémicos bajo cualquiera de tales rutas. Los síntomas del envenenamiento sistémico involucran frecuentemente una estimulación inicial transitoria del sistema nervioso central (CNS), seguida por depresión rápida del mismo. Los efectos del Fenol tales como convulsiones y coma, pueden presentarse pocos minutos después de la exposición, o inclusive pueden retardarse hasta por 18 horas después de la misma. Otros síntomas incluyen náusea, vómito, diarrea, anemia por precipitación y ruptura de los glóbulos rojos, hipotensión, transpiración abundante, arritmia, edema pulmonar, y taquicardia<sup>(2)</sup>.

Los síntomas clínicos después de la exposición crítica son hiper-exitabilidad muscular y convulsiones severas, necrosis de la piel y de las membranas mucosas de la garganta, efectos en los pulmones, en las fibras nerviosas, los riñones, el hígado y sensibilidad de la pupila a la luz<sup>(16)</sup>. Se han reportado casos fatales luego de la intoxicación oral y dérmica al Fenol, pero no se han reportado muertes por inhalación de éste<sup>(16)</sup>.

La exposición ocupacional al Fenol puede ocurrir durante la producción de Fenol y derivados del mismo, durante la fabricación de resinas fenólicas y otros productos derivados, durante el procesamiento de estos últimos materiales y durante otras actividades<sup>(16)</sup>.

No se han reportado estudios adecuados de los efectos reproductivos del Fenol en humanos, pero sí se han identificado efectos sobre el desarrollo en estudios con ratas y ratones. Existe evidencia de que el Fenol es genotóxico para células de mamíferos in vitro. Los ensayos de cancerogenicidad por exposición oral (solución acuosa) no dieron evidencia de potencial cancerígeno del Fenol<sup>(16)</sup>.

#### 4.14.3.1 INHALACIÓN<sup>(2,4,3,16)</sup>

Gracias a la baja volatilidad del Fenol, no es común que se alcancen niveles de alta peligrosidad en ambientes diferentes a las plantas de transformación y producción del mismo. Además, su olor característico lo hace detectable por el olfato humano a una concentración 100 veces menor al nivel peligroso<sup>(2)</sup>, por el cual el hombre posee un mecanismo de aviso lo suficientemente oportuno como para evitar la exposición severa por inhalación.

En vista de su uso como desinfectante y analgésico, otro de los lugares donde se puede presentar mayor exposición por inhalación es en hospitales y otro tipo de entidades que lo empleen para tal fin.

No se cuenta con datos precisos de los niveles de Fenol en el aire al interior de residencias; sin embargo, se estima que la fuente potencial más grande de Fenol al interior de las viviendas lo constituye el humo del cigarrillo; así, en una habitación cerrada de 50m<sup>3</sup>, el humo de un cigarrillo puede resultar en una concentración de Fenol de 6 a 8 µg/m<sup>3</sup><sup>(16)</sup>.

El potencial de envenenamiento mediante inhalación de vapores de Fenol ha sido ampliamente reconocido, pero no se conocen casos de muerte luego de exposición por esta ruta. Los síntomas asociados con la inhalación de Fenol incluyen anorexia, pérdida de peso, dolor de cabeza, vértigo, salivación y orina oscura. El umbral de detección de Fenol mediante el olfato humano es de entre 0.021 y 20 mg/m<sup>3</sup> en el aire, y de 7.9 mg/l en el agua<sup>(16)</sup>.

En animales, la inhalación de aire con altos niveles de Fenol resulta en irritación de los pulmones. La exposición



repetida conlleva a temblor en los músculos y pérdida de coordinación. La exposición a niveles elevados de Fenol durante varias semanas causa parálisis y daños severos del corazón, el hígado, los riñones y los pulmones, y en algunos casos, la muerte<sup>(3)</sup>. Estudios de mortalidad en conejillos de indias, conejos y ratas expuestos a aire con vapores de Fenol permitieron concluir que el nivel inferior de Fenol en el aire con el que se observan efectos adversos, LOAEL (lowest observed adverse effect levels), es de 26 ppm<sup>(4)</sup>.

#### 4.14.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS<sup>(2,4,16)</sup>

La exposición aguda al Fenol por vía ocular o cutánea puede ocurrir comúnmente en personas que trabajan en plantas de producción y transformación de Fenol. En laboratorios e industrias donde se maneja esta sustancia, pueden ocurrir casos de exposición significativa por esta vía gracias a malos manejos y derrames en circunstancias de transporte y almacenamiento.

Todas las formas de Fenol producen irritación, pero los efectos tóxicos agudos del Fenol ocurren más frecuentemente por contacto con la piel que por inhalación. La intoxicación sistémica puede ocurrir por exposición de la piel o de los ojos. El Fenol como vapor o como líquido penetra en la piel con una eficiencia igual a la de absorción por inhalación. Debido a su mayor relación de área superficial a peso corporal, los niños son más vulnerables que los adultos a la intoxicación por absorción a través de la piel<sup>(2)</sup>.

Los efectos locales que siguen a la exposición de la piel con Fenol, van desde blanqueado de la piel sin dolor o eritema, hasta corrosión y necrosis<sup>1</sup> profunda; incluso las soluciones diluidas (1 a 2%) pueden causar quemaduras severas si el contacto es prolongado<sup>(2)</sup>. Por su parte, la exposición de los ojos puede causar conjuntivitis y opacidad de la córnea; el Fenol se considera un irritante severo en ojos sin irrigación y un irritante moderado en ojos con irrigación posterior a la exposición<sup>(4)</sup>. Pese a su acción corrosiva sobre la piel, el Fenol no es un agente alérgeno<sup>(16)</sup>.

El uso de soluciones con concentraciones de Fenol de entre 5 y 10%, con propósitos antisépticos, fue causante de muchos casos de exposición que conllevaron a necrosis de la piel y de los tejidos contiguos a ésta. En algunas circunstancias particulares de exposición severa de la piel, en que se vieron involucrados los dedos, fue necesaria la amputación de los mismos. Este tipo de sucesos ha hecho que se deje de usar soluciones de Fenol como agentes desinfectantes.

El tratamiento químico de la piel con Fenol ha sido utilizado durante los últimos 30 años como una técnica de tratamiento cosmético para reducción de la pigmentación. La mezcla utilizada clásicamente contiene 3ml de Fenol al 50%. El uso de ésta mezcla, en éste tipo de tratamiento tópico se asocia con arritmias cardíacas, comunes al 30% de los adultos sometidos a este tratamiento<sup>(16)</sup>.

La intoxicación sistémica puede ocurrir muy rápidamente luego de la absorción de Fenol a través de la piel. El más significativo de los efectos sistémicos es la posibilidad de un shock cardiovascular y de una acidosis metabólica severa. Se han reportado arritmias cardíacas en 10 de 42 pacientes, 10 minutos después de la aplicación de la solución de Fenol al 5% en media cara, para tratamiento cosmético. La hiperventilación, el daño de los riñones y la anemia por precipitación de glóbulos rojos, se han observado en varios casos de exposición al Fenol<sup>(16)</sup>.

La letalidad asociada con la exposición dérmica a Fenol guarda una gran relación con el área de la superficie expuesta, y la concentración de la solución aplicada. La aplicación de una determinada dosis de Fenol por vía dérmica, puede producir un mayor nivel de toxicidad al encontrarse diluido; en un estudio en que se aplicó una dosis de Fenol de 53.5 mg/kg en la espalda de ratas, la solución al 100% de Fenol causó la muerte de 1 de 5 ratas, mientras que una solución de Fenol al 33% causó la muerte a 3 de 5 ratas. La dosis dérmica letal de ratas DL<sub>50</sub> es de 669.4 mg/kg para el Fenol puro<sup>(4)</sup>.

---

1 Muerte de tejido orgánico

#### 4.14.3.3 INGESTIÓN<sup>(2)</sup>

Esta es una de las formas menos comunes de exposición aguda con el Fenol. Se puede dar de forma accidental o en casos de intento de suicidio<sup>(2)</sup>. Como el Fenol se encuentra presente en la naturaleza, y específicamente en varios tipos de peces, y en productos comestibles ahumados, esta puede ser otra forma de ingestión de Fenol; sin embargo, el olor y sabor característico de éste compuesto<sup>(16)</sup> lo hace detectable por el gusto humano en concentraciones de 0.3 mg/l en agua<sup>(16)</sup>, hecho que permite prevenir la exposición severa.

El Fenol y sus metabolitos conjugados se presentan naturalmente en tejidos animales y humanos, y se puede detectar en la orina, las heces, la saliva y el sudor. La producción de Fenol en el cuerpo depende del tipo de dieta, su formación se favorece en dietas ricas en proteína<sup>(16)</sup>.

La ingestión de Fenol produce tanto efectos locales como sistémicos, y produce síntomas similares a los que se presentan por intoxicación a través de la piel. Se ha reportado que dosis orales de 50 a 500 mg de Fenol han sido fatales en niños, mientras que la muerte de adultos se ha presentado con dosis de entre 1 y 32 g<sup>(2)</sup>.

Los efectos más importantes, a corto plazo, que se reportan en estudios con animales son: neurotoxicidad, daño del hígado y los riñones, efectos respiratorios y retardo del crecimiento. Los efectos tóxicos en riñones de ratas han ocurrido con dosis de 40 mg/kg por día o más. Los efectos tóxicos sobre el hígado se dieron con dosis de por lo menos 100 mg/kg por día. En un estudio de 14 días con ratas, se reportó un NOAEL (Mayor nivel de exposición a una sustancia para el que no se observaron efectos adversos) oral de 12 mg/kg por día. En este experimento, la respuesta de la pupila a la luz (miosis) se inhibió con una dosis de 40 mg/kg por día o más<sup>(16)</sup>. Un estudio de toxicidad para el desarrollo mostró un NOAEL de 60 mg/kg por día<sup>(8)</sup>.

#### 4.14.3.4 EFECTOS CRÓNICOS<sup>(2)</sup>

La exposición repetida a Fenol en el lugar de trabajo puede causar daño renal incluyendo hinchazón de conductos y células renales. También se han reportado daños en el hígado y cambios de coloración de la piel en algunos trabajadores. La exposición crónica también se ha relacionado con incremento del riesgo de problemas en las arterias coronarias e insuficiencia de suministro de sangre al corazón en trabajadores<sup>(2)</sup>. La exposición crónica de niños puede ser aún más grave que la de los adultos.

#### 4.14.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS<sup>(16)</sup>

Los efectos sistémicos de la exposición al Fenol incluyen arritmias cardíacas, acidosis metabólica, hiperventilación, afección respiratoria, fallo renal agudo, daño renal, orina oscura, anemia por precipitación de glóbulos rojos, efectos neurológicos (incluidas convulsiones), choque cardiovascular, coma y muerte<sup>(16)</sup>.

##### 4.14.3.5.1 Efectos Respiratorios<sup>(2,4)</sup>

La exposición de ratas a 5 ppm de Fenol en aire durante 90 días no produjo anomalías en sus pulmones<sup>(4)</sup>. La exposición suave a Fenol produce irritación del tracto respiratorio. Con exposiciones más serias, se presenta inflamación y ulceración de la tráquea, y acumulación de fluido en los pulmones. La ingestión de Fenol puede conducir a la muerte por falla respiratoria<sup>(2)</sup>.

##### 4.14.3.5.2 Efectos Cardiovasculares<sup>(2,4)</sup>

La exposición al Fenol produce inicialmente una elevación de la presión sanguínea, progresivamente una disminución severa en ella y finalmente shock. La exposición dérmica produce también arritmia cardíaca<sup>(2)</sup>. La inhalación de Fenol se ha relacionado con enfermedad cardiovascular<sup>(4)</sup>.

##### 4.14.3.5.3 Efectos Gastrointestinales<sup>(4)</sup>

Algunos síntomas comunes luego de la exposición al Fenol por cualquier ruta, involucran al sistema gastrointestinal, ellos son: náusea, vómito, dolor abdominal y diarrea. La ingestión de Fenol puede también producir daños



Fenol

severos corrosivos a la boca, la garganta, el esófago, y el estómago, con sangrado, perforación, formación de cicatrices y constricción como secuelas potenciales<sup>(4)</sup>.

Se tiene información histórica que indica que la exposición al Fenol tanto por inhalación como por contacto con la piel, genera un desorden ocupacional que entre otros efectos produce anorexia, conduciendo a la pérdida progresiva de peso y a la salivación excesiva<sup>(4)</sup>.

#### **4.14.3.5.4 Efectos hematológicos<sup>(2)</sup>**

Los componentes de la sangre, y los órganos que se ven involucrados en su producción, pueden ser dañados por el Fenol. La mayoría de los cambios hematológicos (hemólisis, metemoglobinemia, supresión de las funciones de la médula ósea y anemia) pueden ser detectados por exámenes de sangre o por la apariencia de su color. La anemia por precipitación de glóbulos rojos se da en infantes mayores a un año de edad. Los niños son más vulnerables a la pérdida de actividad de la hemoglobina, debido a su anemia natural relativa en comparación con los adultos.

#### **4.14.3.5.5 Efectos musculares<sup>(4)</sup>**

La exposición a vapores y soluciones de Fenol conlleva a dolor, espasmos y debilidad muscular, pero no se han observado efectos permanentes sobre este tipo de tejidos<sup>(4)</sup> por lo cual se atribuyen estos síntomas a problemas neurológicos antes que musculares. No se han realizado estudios acerca de los efectos de ingestión de Fenol sobre los músculos.

#### **4.14.3.5.6 Efectos Hepáticos<sup>(4)</sup>**

Luego de la exposición diaria crónica a Fenol, se han observado lesiones en el hígado. Estudios hechos en conejillos de indias demostraron deformación del lóbulo central (centrilobular) y necrosis del hígado por exposición a vapores de Fenol<sup>(4)</sup>.

#### **4.14.3.5.7 Efectos Renales<sup>(4)</sup>**

En caso de envenenamiento crónico con Fenol por inhalación o por contacto con la piel, se presenta orina oscura, que perdura durante varios meses luego de la exposición al Fenol<sup>(4)</sup>.

Se han reportado fallos renales bajo exposición aguda<sup>(2)</sup>.

#### **4.14.3.5.8 Efectos dérmicos<sup>(2,4)</sup>**

Cuando el Fenol se aplica directamente sobre la piel, se forma una cobertura blanca de proteína precipitada, que se torna roja, y luego sana dejando la superficie ligeramente café. Si el Fenol se deja sobre la piel, penetra rápidamente y puede conducir a muerte de las células y gangrena. Si se expone a contacto con Fenol un área de piel superior a 390 cm<sup>2</sup>, existe el riesgo de muerte inminente. El Fenol tiene propiedades de anestésico local, por lo cual puede ocurrir un daño extensivo antes de que se sienta dolor<sup>(2)</sup>. La exposición repetida de la piel a soluciones de Fenol puede producir dermatitis. Se han reportado casos en los que la exposición a Fenol por inhalación ha conducido a pigmentación de los ojos, la nariz y los pómulos<sup>(4)</sup>.

#### **4.14.3.5.9 Efectos Inmunológicos<sup>(4)</sup>**

No se reportan estudios en humanos acerca de los efectos causados sobre el sistema inmunológico por la exposición oral a Fenol. Se ha observado disminución de la concentración de células productoras de anticuerpos en ratas sometidas a exposición oral, mediante soluciones de Fenol<sup>(4)</sup>.

#### **4.14.3.5.10 Efectos Endocrinos<sup>(4)</sup>**

No existen estudios acerca de los efectos causados sobre el sistema endocrino por la exposición oral a Fenol<sup>(4)</sup>.

#### **4.14.3.5.11 Efectos Neurológicos<sup>(4)</sup>**

Se han hecho reportes de que la exposición aguda al Fenol puede conducir a convulsiones, cuando la exposición ocurre a través de la piel o por inhalación de vapores<sup>(4)</sup>. En estudios hechos con ratas se ha observado la pérdida de coordinación y la ocurrencia de espasmos musculares luego de la exposición a Fenol mediante inhalación<sup>(4)</sup>.

#### 4.14.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL<sub>50</sub> (oral, ratas): 300-600 mg/kg <sup>(16)</sup>

DL<sub>50</sub> (piel, ratas): 670 mg/kg <sup>(16)</sup>

CL<sub>50</sub> (inhalación, ratas): < 900 mg/m<sup>3</sup> <sup>(16)</sup>

##### 4.14.4.1 CÁNCER <sup>(2, 14, 16)</sup>

A pesar de que se han realizado estudios sobre animales, que han demostrado la posibilidad de generación de cáncer por exposición repetida a través de la piel <sup>(16)</sup>, no existe información acerca de la generación de cáncer en humanos a causa del contacto con Fenol, aunque sí se reconoce como un promotor de tumores <sup>(2)</sup>. En vista de ello, organismos de vigilancia de la salud de la población en otros países no lo clasifican como cancerígeno por sí solo. De este modo, no se reporta dentro del listado de la IARC (Agencia Internacional para la Investigación Sobre el Cáncer) para sustancias cancerígenas <sup>(14)</sup>.

##### 4.14.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS Y DEL DESARROLLO <sup>(2, 3)</sup>

No existen estudios apropiados de la toxicidad reproductiva del Fenol en humanos. Sin embargo, el Fenol ha sido identificado como un tóxico para el desarrollo (estudios realizados sobre ratas y ratones). Estudios en animales condujeron al nacimiento de crías con bajo peso y defectos de nacimiento menores <sup>(3)</sup>. Se ha identificado embriotoxicidad y fetotoxicidad del Fenol en animales, pero no se observó teratotoxicidad por exposición al Fenol <sup>(2)</sup>.

##### 4.14.4.3 EFECTOS GENOTÓXICOS <sup>(16)</sup>

La mayoría de los estudios de mutagénesis en bacterias, por efecto del Fenol, han dado resultados negativos. Sin embargo, se han observado mutaciones, daño de cromosomas y efectos sobre el ADN en células de mamíferos in-vitro. El Fenol no presenta efectos sobre la comunicación intercelular en células de mamíferos cultivadas <sup>(16)</sup>.

#### 4.14.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

##### 4.14.5.1 PRIMEROS AUXILIOS <sup>(2)</sup>

La exposición aguda al Fenol puede requerir una descontaminación de la víctima. Para casos en que los pacientes muestren síntomas de intoxicación sistémica, bajo cualquier ruta de exposición, es necesario que la víctima sea remitida a un centro hospitalario <sup>(2)</sup> para tratamiento posterior. En vista de que el edema pulmonar o los efectos cardiovasculares (CNS) se pueden presentar tiempo después de la exposición, los pacientes en que se sospeche exposición seria, se deben reexaminar periódicamente a lo largo de las 18 y 24 horas posteriores a la exposición. Los pacientes que permanezcan sin síntomas durante las 2 a 4 primeras horas posteriores a la exposición, pueden ser dadas de alta, bajo la advertencia de buscar atención médica en cuanto sientan algún síntoma.

##### 4.14.5.1.1 Exposición en los Ojos <sup>(2, 12)</sup>

La persona se debe retirar del peligro lo más rápidamente posible. Los ojos se deben lavar inmediatamente con abundante agua o solución salina durante por lo menos 15 minutos. Si existen lentes de contacto, se deben retirar cuando sean fácilmente removibles sin trauma adicional del ojo; las personas que trabajen con Fenol no deben utilizar lentes de contacto. Si se sospecha corrosión o si hay daño evidente, se debe continuar la irrigación mientras se traslada a la víctima a una zona de soporte <sup>(2)</sup>. Brindar atención médica inmediata <sup>(12)</sup>. Si hay daño de la cornea se debe consultar inmediatamente a un oftalmólogo.



Fenol

#### **4.14.5.1.2 Exposición en la Piel** <sup>(2)</sup>

La víctima se debe retirar del peligro de forma segura. La persona que se encuentra prestando la asistencia debe evitar entrar en contacto directo con el Fenol. La descontaminación del paciente se debe hacer tan pronto como sea posible para minimizar la absorción de Fenol.

La ropa contaminada se debe retirar inmediatamente y se debe lavar la piel con Polietilenglicol de bajo peso molecular (PEG 300 o 400), que se puede emplear en solución al 50% para facilitar su aplicación; el Polietilenglicol se puede sustituir por una solución de Glicerina ( $C_3H_8O_3$ ). Se debe continuar el lavado hasta que no se detecte olor a Fenol. En caso de que no se cuente con ninguno de estos dos reactivos, se puede hacer un lavado con una solución de alta densidad; el lavado con agua puede dispersar el Fenol, conduciendo a un aumento del área afectada. Después del retiro del Fenol, la zona afectada se debe lavar con jabón durante por lo menos 15 minutos.

Si existe contacto de la piel con Fenol líquido, se pueden presentar quemaduras químicas, cuyo tratamiento es análogo al de quemaduras por calor.

Se debe prevenir la hipotermia, especialmente cuando la víctima sea un niño; se recomienda emplear mantas o calentadores cuando sea necesario.

Una vez se hayan administrado los procedimientos de primeros auxilios, la persona afectada se debe remitir a evaluación médica <sup>(2)</sup>.

#### **4.14.5.1.3 Inhalación** <sup>(10, 12)</sup>

La víctima se debe ubicar rápidamente en lugares donde se pueda tener acceso al aire fresco. El personal de atención de primeros auxilios debe evitar entrar en contacto con la sustancia cuando se lleve a cabo el procedimiento de primeros auxilios. Si la víctima presenta dificultades respiratorias se debe administrar Oxígeno suplementario con máscara, y en caso de que cese la respiración, se debe dar a la víctima respiración artificial. La víctima siempre debe recibir atención médica inmediata <sup>(10)</sup> y se debe mantener caliente y en reposo <sup>(12)</sup>.

#### **4.14.5.1.4 Ingestión** <sup>(12)</sup>

No se debe inducir vómito a las víctimas que han ingerido esta sustancia. A las víctimas que estén concientes y en condición de tragar, se les debe suministrar entre 1 y 2 tazas de leche o solución de gelatina. No se debe administrar ninguna bebida o alimento a una víctima que se encuentre en estado de inconsciencia. La víctima debe recibir atención médica inmediata <sup>(12)</sup>.

#### **4.14.5.1.5 Rescate** <sup>(2)</sup>

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben seguir los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

Para situaciones de emergencia, se deben usar máscaras anti gas de presión positiva o equipo de respiración autocontenida y que posean cubrimiento completo de la cara. Se debe utilizar también un traje totalmente hermético resistente al ataque químico fabricado en caucho de butilo, otros cauchos diferentes a este son penetrados por el Fenol con gran facilidad <sup>(2)</sup>.

### **4.14.5.2 INCENDIOS**

Los incendios que involucren pequeñas cantidades de combustible se pueden sofocar con polvo químico seco, espuma o dióxido de carbono. Si se presenta fuego de gran magnitud, y el único método de extinción disponible es agua, se debe atacar el fuego desde una distancia segura con una manguera de alta presión y con chorros atomizados. Si el fuego involucra los tanques de almacenamiento del Fenol,

éstos se deben retirar del área de incendio si no representa riesgo o se deben mantener fríos con chorros de agua <sup>(15)</sup>.

#### 4.14.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS <sup>(2, 10)</sup>

Siempre que existan derrames o fugas de Fenol, se deben efectuar los siguientes pasos:

- Ventilar el área de fuga o derrame
- Recolectar el material derramado en la manera más conveniente para su reciclaje o para su disposición en un relleno de seguridad. Cuando el Fenol se encuentra sólido y se derrama una pequeña cantidad, se puede recoger en papel o algún otro material apropiado, para luego ser quemado en un lugar seguro. Si se derrama una cantidad considerable de Fenol sólido, se puede recoger para ser reutilizado, o se puede disolver en Alcohol para luego ser atomizado en una cámara de combustión apropiada. Cuando el Fenol se encuentra como líquido, las cantidades pequeñas se recogen con un papel absorbente, y las cantidades mayores se recogen y se atomizan en una cámara de combustión.

Las personas que no tengan puesto equipo de seguridad y ropa protectora se deben retirar de las áreas en que haya derrames o fugas hasta que la limpieza termine.

#### 4.14.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL <sup>(1, 2, 3, 11)</sup>

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 5 ppm mg/m<sup>3</sup> (1992)<sup>(11)</sup>

**PEL (8 horas; OSHA para la industria general):** 19 mg/m<sup>3</sup> (1992)<sup>(11)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 19 mg/m<sup>3</sup> (1992)<sup>(11)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 250 ppm (2003)<sup>(2)</sup>

**STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH):** 16 ppm (2001)<sup>(1, 3)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permissible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.14.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(12)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto de la piel con Fenol sólido o líquido, o con líquidos que contengan Fenol.
- Si la ropa de los empleados se contamina con Fenol sólido o líquido, o con líquidos que contengan Fenol, los empleados deben cambiarla inmediatamente por ropa limpia antes de dejar el sitio de trabajo.
- La ropa que se contamine con Fenol sólido o líquido, o con líquidos que contengan Fenol, se debe guardar en un contenedor cerrado, para almacenamiento hasta que se pueda remover el Fenol de la ropa por procedimientos de lavado. Si la ropa va a ser enviada a lavado para remoción del Fenol, se le debe advertir a quien se encargue de lavarla acerca de los peligros potenciales de la manipulación del Fenol.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Fenol sólido o líquido, o con líquidos que contengan Fenol, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad de que Fenol sólido o líquido, o líquidos que contengan Fenol entren en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad de que Fenol sólido o líquido, o líquidos que contengan Fenol entren en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O

Fenol

#### 4.14.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(12)</sup>

Se debe usar equipo de protección respiratoria (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. Además del uso de respiradores y equipos de respiración, se debe instituir un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 46. Protección respiratoria mínima para Fenol en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 19 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)
Concentración de hasta 50 mg/m <sup>3</sup>	Una máscara de gases de tipo mentón o cilindro para gases orgánicos con un filtro para polvo y niebla. Un respirador con suministro de aire. Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa.
Concentración de hasta 100 mg/m <sup>3</sup>	Un respirador con cartuchos químicos y pieza facial completa, los cartuchos deben ser adecuados para vapores químicos; el respirador debe poseer un filtro para polvo y niebla. Una máscara de gas de tipo mentón con cilindro para vapores orgánicos y filtro para polvo y niebla. Un respirado con suministro de aire, con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa.
Concentración de más de 100 ppm o concentraciones desconocidas	Aparatos de respiración autocontenidos con pieza facial completa operados en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva. Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Cualquier máscara que provea protección contra vapores orgánicos y partículas.
Evacuación	Cualquier aparato de evacuación de respiración autocontenido.

Tomado de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Phenol "(12)

#### 4.14.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con Fenol, el personal implicado en su manipulación se deben entrenar en su manejo y almacenamiento. Además deben estar entrenados en el uso del equipo de protección personal.

Debido al carácter inflamable del Fenol, se debe prohibir fumar en zonas de almacenamiento, manejo o

procesamiento de esta sustancia. En las mismas zonas, se deben revisar las líneas de conducción eléctrica para garantizar ausencia de cortos que puedan ocasionar chispas y posteriores explosiones e incendio<sup>(L-4)</sup>.

Se debe contar con polietilenglicol de bajo peso molecular (PEG 300 o 400), en solución al 50%, o en su defecto con Glicerina, en las proximidades de la zona de trabajo, para brindar atención oportuna en caso de exposición de la piel.

#### 4.14.8.1 FRASES DE SEGURIDAD<sup>(15, 13)</sup>

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S28:** En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con... (productos a especificar por el fabricante)

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible muéstrela la etiqueta)

#### 4.14.8.2 ALMACENAMIENTO<sup>(5, 10, 12, 15)</sup>

Durante el almacenamiento se deben mantener alejadas todas las posibles fuentes de ignición en el almacén donde se tenga esta sustancia debido a su carácter inflamable. Se debe almacenar apartado de oxidantes fuertes, especialmente lejós de Hipoclorito de Calcio, así como de compuestos ácidos. El almacenamiento se debe realizar en recipientes irrompibles y/o en contenedores de acero inoxidable. La bodega de almacenamiento debe estar provista con piso de concreto sellado para evitar filtraciones. En el transporte de esta sustancia no se deben llevar comida o alimentos en el mismo vehículo, ya que se absorbe fácilmente y puede ser causante de intoxicaciones posteriores.

#### 4.14.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES<sup>(10)</sup>

Tabla 47. Usos, generación y control de emisiones de Fenol

Uso / Generación	Control
Aplicación y curado de resinas para la fabricación de madera contrachapada.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Aplicación y curado de resinas para moldes, para la manufactura de artículos moldeados tales como aparatos eléctricos, partes de automóviles, y utensilios de mano; manufactura de materiales de fricción, tablas de aglomerados de madera y materiales aislantes.	
Aplicación en recubrimientos para: revestimiento de tambores y latas, equipo de procesamiento de leche y cerveza, tanques de agua y equipos de acondicionamiento de aire, láminas decorativas y textiles.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Síntesis de resinas: fenólicas termoestables, epóxicas, de policarbonato, fenólicas y polisulfona. Síntesis de caprolactama para la fabricación fibras, plásticos y películas de nylon 6.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Manufactura de agroquímicos e intermediarios. Síntesis de productos farmacéuticos, cauchos, plastificantes, antioxidantes, agentes de curado e intermediarios.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Manufactura de estabilizantes y preservativos para tintes, perfumes y fungicidas.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.

**Tabla 47. Usos, generación y control de emisiones de Fenol (continuación)**

Uso / Generación	Control
Refinación de solventes de ceras y aceites lubricantes; síntesis de aditivos para la gasolina y fluidos lubricantes e intermedios.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Síntesis de precursores en la fabricación de poliéster; producción de poliéster resistente a la corrosión, y polioles de poliéster.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Síntesis de agentes de actividad superficial, precursores de detergentes, y explosivos.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Manufactura de agentes desinfectantes y productos de uso doméstico e industrial.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Síntesis de cresoles y xilenoles.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.

#### 4.14.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE <sup>(1, 4, 16)</sup>

El Fenol se encuentra en la naturaleza formando parte de algunos alimentos, es un constituyente del alquitrán de hulla, se presenta en desperdicios animales y humanos. Se forma de manera natural por la descomposición de materia orgánica <sup>(16)</sup>. El incremento de los niveles ambientales de Fenol se puede presentar por la quema de bosques <sup>(16)</sup>; sin embargo, la mayor cantidad de Fenol que se libera al medio ambiente es fruto de la actividad industrial y de la comercialización de productos finales que lo contienen <sup>(16, 4, 1)</sup>. El gas de combustión que sale de los automóviles también entrega Fenol a la atmósfera.

Desde el aire, el Fenol pasa al agua y los suelos por deposición húmeda. El Fenol depositado en el suelo, se mueve por lixiviación a través de éste, gracias a la acción de la lluvia, llegando a las aguas subterráneas; en vista de ello, la contaminación del suelo se presenta en territorios de baja pluviosidad. La evaporación de Fenol desde el agua es lenta <sup>(16)</sup>.

El Fenol no permanece ni en el aire, ni en el suelo o el agua superficial, ya que reacciona fotoquímicamente en el aire y en el agua superficial, y es biodegradado aeróbica y anaeróbicamente tanto en el agua como en el suelo.

##### 4.14.10.1 SUELO <sup>(3, 16)</sup>

El Fenol se puede liberar en el suelo durante su proceso de manufactura, almacenamiento, transporte, cuando ocurren derrames y cuando se lixivia desde rellenos dedicados a la deposición de residuos tóxicos.

El Fenol se remueve del suelo por lixiviación con agua, y por degradación tanto biótica como abiótica. La movilidad del Fenol en el suelo se encuentra influenciada por el pH. La proporción de Fenol que se degrada por acción biológica está determinada por muchos factores, tales como la concentración, el clima, la temperatura y la presencia de otros compuestos <sup>(16)</sup>.

La degradación biológica sucede en condiciones aeróbicas y anaeróbicas; en el primer caso, el principal producto es dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), mientras que en el segundo caso no solo se produce dióxido de carbono sino también Metano (CH<sub>4</sub>) en cantidad considerable. El tiempo de vida media del Fenol bajo degradación biológica en condiciones aeróbicas es de entre varias horas a varios días. Bajo degradación biológica anaeróbica, el Fenol tiene un tiempo de vida mayor. Si la velocidad de remoción de Fenol es baja, puede haber acumulación de Fenol con subsiguiente inhibición de las poblaciones microbianas <sup>(16)</sup>.

##### 4.14.10.2 AIRE <sup>(3, 4, 16)</sup>

El Fenol se libera a la atmósfera durante su manufactura, principalmente desde los tanques de almacenamiento y

durante su manejo y transporte. Otras fuentes mayores de liberación de Fenol en la atmósfera son quemas residenciales de madera y gases de combustión de los automóviles. La volatilización del Fenol desde suelos y aguas es muy lenta, y no se espera que se trate de fuentes significativas de Fenol atmosférico. El Fenol también se encuentra en el humo del cigarrillo y en plásticos <sup>(4)</sup>.

Luego de pequeñas emisiones de Fenol, éste no permanece en el aire por mucho tiempo (generalmente la mitad es removido del aire en menos de un día) <sup>(3)</sup>.

La mayor parte del Fenol en la atmósfera es degradado por reacciones fotoquímicas. Una parte menor desaparece del aire por deposición húmeda (lluvia) <sup>(16)</sup>.

El Fenol puede reaccionar en aire con radicales Hidroxilo y nitrato, sufriendo reacciones fotoquímicas para formar dihidroxi-Bencenos, nitroFenoles, y productos del rompimiento de anillos. El tiempo de vida media del Fenol en aire, bajo condiciones de reacción fotoquímica es de 4 a 5 horas; si la reacción del Fenol se diera únicamente con radicales Hidroxilo, su tiempo de vida media sería de 15 horas. La reacción del Fenol con radicales nitrato puede ser significativa para la remoción nocturna del primero, se ha estimado un tiempo de vida medio del Fenol de 15 min a una concentración de radicales nitrato de  $2 \times 10^8$  radicales/cm<sup>3</sup> <sup>(16)</sup>.

#### 4.14.10.3 AGUA <sup>(3,4,16)</sup>

Las fuentes más comunes de Fenol antropogénico en el agua natural incluyen alquitrán de hulla y aguas residuales de industrias manufactureras de resinas, plásticos, fibras, adhesivos, hierro, acero, aluminio, caucho y efluentes de manufactura sintética de combustible. Otros desechos de Fenol resultan del uso de productos comerciales que contienen Fenol, incluyendo medicamentos, lociones, desinfectantes y otros <sup>(4)</sup>.

Se han detectado contenidos de Fenol de 1 ppb en aguas subterráneas sin contaminar, y de 0.01 a 1 ppb en ríos sin contaminar <sup>(4)</sup>. Los mayores niveles de Fenol se han encontrado en aguas que sirven como depósito de aguas provenientes de actividad industrial y aguas de uso sanitario.

Teniendo en cuenta la alta solubilidad relativa del Fenol en agua con respecto al aire, y su baja volatilidad a temperatura ambiente, se espera que el Fenol se distribuya mayoritariamente en el agua <sup>(16)</sup>.

El tiempo de vida media por biodegradación varía desde menos de 1 día en muestras de agua de lagos, hasta 9 días en agua de estuario. Un tiempo típico de vida media para foto-oxidación por radicales peroxilo producidos fotoquímicamente, es de 19 horas. Los tiempos de vida medios de los radicales Hidroxilo y peroxilo son, respectivamente, de 100 y 19.2 horas. Se encontró que el Fenol se oxida en agua a Dióxido de Carbono en presencia de Oxígeno y luz solar, a una tasa de 11% cada 24 horas. Además, el Fenol reacciona con iones nitrato en solución acuosa diluida, para formar dihidroxiBencenos, nitroFenoles, nitrosoFenol, y nitroquinona, presumiblemente mediante un mecanismo de radicales involucrando los radicales Hidroxilo y peroxilo. El Fenol también reacciona con ácido nitroso en aguas residuales, formando cianuros <sup>(16)</sup>.

La biodegradación de Fenol en agua o suelo se puede retardar por la presencia de concentraciones muy altas del mismo, por la presencia de otros compuestos o por otros factores tales como la falta de nutrientes para los microorganismos capaces de degradar Fenol. Si la biodegradación es lo suficientemente lenta, el Fenol en agua iluminada por el sol puede sufrir una foto-oxidación con radicales peroxilo producidos fotoquímicamente, y el Fenol del suelo pasa al agua subterránea <sup>(4)</sup>.

#### 4.14.11 ECOTOXICIDAD <sup>(16)</sup>

De acuerdo con datos de bioacumulación hallados para organismos acuáticos, no se espera que el Fenol se bioacumule significativamente <sup>(16)</sup>.



La toxicidad del Fenol ha sido ampliamente estudiada en microorganismos (bacterias, hongos, protozoarios, y algas) y en numerosos vertebrados e invertebrados acuáticos<sup>(16)</sup>. Se ha podido demostrar que el Fenol es tóxico para los organismos acuáticos, pero faltan datos adecuados del efecto del Fenol sobre organismos terrestres y plantas<sup>(16)</sup>.

#### **Toxicidad para Peces<sup>(16)</sup>**

NOEC, (No Observed Effect Concentration): 0,2 µg/l (8-días LC<sub>1</sub> para *Salmo gairdneri*)<sup>(16)</sup>.

El Fenol es tóxico para los organismos superiores del agua dulce. Los valores mínimos de LC<sub>50</sub> o EC<sub>50</sub> para crustáceos y peces están entre 3 y 7 mg/l. Los datos de toxicidad aguda para organismos marinos son comparables con los encontrados en organismos de agua dulce<sup>(16)</sup>.

Los efectos agudos medianamente letales más importantes observados en especies de agua dulce después de la exposición a Fenol incluyen velocidad reducida del corazón y daño del epitelio de las branquias, el hígado, los riñones y los intestinos. Un estudio reportó la ocurrencia de contracciones severas mediadas por el sistema nervioso central, en salmón después de la exposición a Fenol. En invertebrados se observó usualmente la inhibición del crecimiento<sup>(16)</sup>.

#### **Toxicidad para Plantas Acuáticas**

Fitoplancton NOEC (No Observed Effect Concentration): 0,13 mg/l<sup>(11)</sup>

#### **Toxicidad para Microorganismos<sup>(1, 16)</sup>**

En estudios de especies simples de bacterias, el EC<sub>50</sub> para inhibición del crecimiento varía entre 244 y 1600 mg/l<sup>(16)</sup>.

### **4.14.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION**

El Fenol presente en corrientes gaseosas se elimina del gas a través de un proceso de absorción en torres de absorción, en que el líquido es una solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) al 3 – 20 % en agua. La absorción del Fenol sobre carbón activado es otra alternativa para el tratamiento de los gases de desecho<sup>(5)</sup>.

Las aguas residuales provenientes de la producción de Fenol por oxidación de Cumeno, contienen entre un 1% y un 3% de Fenol, y pueden ser tratadas mediante extracción con Cumeno, Acetofenona (C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>O), Acetato de Butilo (C<sub>8</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>), Benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), Éter diisopropílico (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O) o Metil Isobutil Cetona (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O). De esta manera el contenido de Fenol en las aguas residuales se disminuye hasta una concentración de 20 a 500 mg/l. El Fenol remanente se elimina en una planta de tratamiento mediante acción biológica<sup>(5)</sup>. Este tipo de tratamiento es válido para las aguas residuales de otro tipo de industria diferentes a la de producción de Fenol.

El Fenol sólido o líquido puede ser eliminado por combustión controlada<sup>(12)</sup>, o por tratamiento con microorganismos, previo acondicionamiento de la corriente a tratar<sup>(16)</sup> para que el nivel de Fenol permita la acción de éstos.

El tratamiento de las aguas residuales también se puede hacer por alguna de las siguientes rutas<sup>(5)</sup>:

- Destilación del vapor, basado en la volatilidad del vapor del Fenol.
- Adsorción sobre materiales sólidos con superficie activa, tales como carbón activado y resinas de intercambio iónico.
- Oxidación controlada con agentes oxidantes como Peróxido de Hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

#### 4.14.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Statement for Phenol [en línea]. Diciembre de 1998 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/phshome.html>
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Managing Hazardous Material Incidents, Phenol [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado julio de 2003 [citado Julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg115.html>
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. ToxFAQ's for Phenol [en línea]. Junio de 1999 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts115.html>
4. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile [en línea]. Marzo de 2001 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp115.pdf>
5. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 24; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
6. Environmental Protection Agency (EPA). Alphabetical Order list of Extremely Hazardous Substances, Phenol Chemical Profile [en línea]. Marzo de 2001 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/tri/chemical/chemlist2001.pdf>
7. Environmental Protection Agency (EPA). Alphabetical Order list of Extremely Hazardous Substances, Phenol Emergency First Aid treatment Guide [en línea]. Marzo de 2001 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en <http://yosemite.epa.gov/oswer/CeppoEHS.nsf/firstaid/108-95-2?OpenDocument>
8. Environmental Protection Agency (EPA). Lists of IRIS substances, Phenol [en línea]. Marzo de 2001 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en: <http://www.epa.gov/iris/subst/0088.htm>
9. Environmental Protection Agency (EPA). Lists of IRIS substances, Phenol Overview [en línea]. Marzo de 2001 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0088.htm>
10. Merck Catalogue. ChemDAT - The Merck Chemical Database. 2000.
11. Occupational Safety & Health Administration (OSHA) U. S. Department of Labor Chemical Sampling Information, Phenol [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado Agosto de 1992 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_261100.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_261100.html)
12. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Safety and Health Guideline for Phenol [en línea]. Septiembre de 1978 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_261100.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_261100.html)
13. Organización Internacional del Trabajo (OIT). Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Septiembre de 1999 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>



Fenol

14. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 5. List of Classified Carcinogens* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Septiembre de 1999 [citado Julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/iarclist.htm>
15. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *International Chemical Safety Cards, Phenol* [en línea]. Octubre de 2001 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc00/icsc0070.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc00/icsc0070.htm)
16. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Environmental Health Criteria 161, Phenol* [en línea]. 1994 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc161.htm>.

Fenol

## 4.15

# Formaldehído

- 4.15.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.15.1.1 SINONIMOS
  - 4.15.1.2 DESCRIPCION
  - 4.15.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.15.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.15.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.15.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.15.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.15.2.1 PRODUCCION
    - 4.15.2.1.1 Proceso con Catalizador de Plata No 1
    - 4.15.2.1.2 Proceso con Catalizador de Plata No 2
    - 4.15.2.1.3 Proceso Formprox
  - 4.15.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.15.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.15.3.1 INHALACION
  - 4.15.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.15.3.3 INGESTION
  - 4.15.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.15.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.15.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
- 4.15.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.15.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.15.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.15.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.15.5.1.3 Inhalación
    - 4.15.5.1.4 Ingestión
    - 4.15.5.1.5 Rescate
  - 4.15.5.2 INCENDIOS
  - 4.15.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.15.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

- 4.15.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.15.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
  
- 4.15.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.15.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.15.8.2 ALMACENAMIENTO
  
- 4.15.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.15.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.15.10.1 SUELO
  - 4.15.10.2 AIRE
  - 4.15.10.3 AGUA
  
- 4.15.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.15.12 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.15.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(1,2,7)</sup>

**Fórmula:** HCHO

**CAS:** 50-00-0

**Fórmula Molecular:**  $\text{H}-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \diagup \\ \text{H} \end{matrix}$

**Número UN:**

2209 (Solución acuosa con mínimo 25% de Formaldehído)

1198 (Formaldehído en solución inflamable)

2213 (ParaFormaldehído)

**Clase de Riesgo Principal UN:** 8

##### 4.15.1.1 SINÓNIMOS <sup>(2,3,10,15)</sup>

Esta sustancia se conoce con una buena cantidad de nombres; dentro de ellos está el Metanol, Oxido de Metileno, Oximetileno, Metilaldehído, Oxometano, Formalina (solución con agua), Aldehído Fórmico, Formol, Metilen Glicol, BFV, FA, IVALON, KARSAN, FYDE, LYSOFORM, Formaldehyde (Inglés) Aldehyde Formique (Francés), Aldeide Formica (Italiano).

##### 4.15.1.2 DESCRIPCIÓN

El Formaldehído puro a temperatura y presión ambiente es un gas incoloro de olor fuerte e irritante. A temperaturas menores de -20 °C es un líquido transparente e incoloro. Es irritante para los ojos y el tracto respiratorio aun a bajas concentraciones (1ppm) causando sensación de ardor a mayores concentraciones; los vapores de soluciones de Formaldehído son inflamables y explosivos. <sup>(2,5,8)</sup>

El Formaldehído es un producto metabólico importante en plantas y animales y por ello está presente en el medio ambiente de forma natural en bajas concentraciones. También se genera en el medio ambiente por combustión incompleta de material orgánico como combustibles líquidos o gaseosos derivados del petróleo <sup>(1)</sup>.

En estado gaseoso puro el Formaldehído tiende a polimerizar y por ello no se comercializa en forma pura; su almacenamiento y transporte se realiza en forma de soluciones en agua y Metanol. Las formas comerciales de estas soluciones, conocidas como formalinas, corresponden a entre 30% y 40% de Formaldehído y 15% de Metanol como agente estabilizante. Otros agentes estabilizantes pueden estar presentes hasta en 100 mg/l <sup>(2,8,9,10)</sup>.

Otra presentación comercial del Formaldehído corresponde a su forma sólida en dos tipos de productos, el trioxano [(CH<sub>2</sub>O)<sub>3</sub>] y el paraFormaldehído que es la forma polimerizada del Formaldehído de entre 8 y 100 unidades <sup>(9,10)</sup>.

El Formaldehído es uno de los químicos orgánicos más importantes para síntesis en la industria química, donde se pueden encontrar hasta 50 líneas de trabajo diferentes <sup>(1)</sup>.

##### 4.15.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Composición de Formaldehído comercial en solución acuosa:

Componente	Contenido	Peligroso
Agua	48 - 53%	No
Formaldehído	37%	Sí
Metanol	10 - 15%	Sí

HCHO

Formaldehído

#### 4.15.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(1, 2, 8, 9, 10, 15, 17)</sup>

Tabla 48. Propiedades físicas para el Formaldehído

PROPIEDAD	VALOR
<b>Peso Molecular (g/mol)</b>	30,03
<b>Punto de Ebullición (°C) )(760 mmHg)</b>	-19,5; sustancia pura 97; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol
<b>Punto de Fusión (°C)</b>	-92; sustancia pura -15; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol
<b>Presión de Vapor (mmHg)</b>	10; -88 °C sustancia pura 3883; 25°C sustancia pura
<b>Gravedad Específica (Agua = 1)</b>	1,067; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol 0,815; sustancia pura -20 °C/4 °C
<b>Densidad del Vapor (Aire = 1)</b>	1,075; sustancia pura -20 °C 1,03; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol
<b>pH</b>	No Reportado
<b>Solubilidad en Agua</b>	55%; 20 °C
<b>Kow</b>	0,65
<b>Koc</b>	11,75
<b>Constante de la Ley de Henry (Pa*m<sup>3</sup>/mol)</b>	2, 65X10 <sup>-2</sup>
<b>Límites de Inflamabilidad (% vol)</b>	7%-73%; 25 °C
<b>Temperatura de Auto Ignición (°C)</b>	430; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol
<b>Punto de Inflamación (°C)</b>	50; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol 85; formalina, 37% formaldehído, sin metanol

#### 4.15.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Formaldehído es una sustancia muy reactiva, pudiendo aun reaccionar consigo misma a través de un proceso de autopolimerización para generar paraFormaldehído. Se descompone por acción del calor. A temperaturas mayores de 150 °C se descompone en Dióxido de Carbono y Metanol. Este proceso de degradación también se lleva a cabo en presencia de luz solar, donde sufre oxidación hasta Dióxido de Carbono. Es muy inflamable y forma mezclas explosivas en el aire en el intervalo de 7% a 73% en volumen a 25 °C. Reacciona con rapidez al entrar en contacto con agentes oxidantes fuertes, álcalis, ácidos, fenoles y urea <sup>(5, 8, 9, 10)</sup>.

El Formaldehído es soluble en agua, alcoholes y otros solventes polares. En soluciones acuosas el Formaldehído se hidroliza y polimeriza y puede existir como metilenglicol, polioximetileno y otros compuestos. Las soluciones de Formaldehído en concentraciones mayores del 30% se enturbian debido a la precipitación de los polímeros del Formaldehído, esto se evita adicionando estabilizantes como Metanol a la solución o manteniéndola a temperatura mayor de 100 °C <sup>(10)</sup>.

Según se describe en Ullman 's <sup>(1)</sup>, el Formaldehído es una sustancia de amplia aplicación industrial debido a la gran gama de productos y usos a los que se puede aplicar. Se aprecian seis tipos de reacciones principales en las que interviene el Formaldehído: descomposición, polimerización, de reducción y oxidación, de adición, de condensación y de formación de resinas.

- **Descomposición.** Ocurre a temperaturas por encima de 150 °C y da lugar a Dióxido de Carbono y Metanol. Arriba de los 350 °C la descomposición ocurre hacia monóxido de Carbono e Hidrógeno. Por esta vía y en presencia de catalizadores metálicos (Aluminio, Platino, Cobre, Cromo) se puede obtener Metanol, formato de metilo, ácido fórmico y metano.
  
- **Polimerización.** La polimerización del Formaldehído ocurre a temperaturas que normalmente se encuentran por debajo de 100 °C; este proceso ocurre tanto en forma gaseosa pura como en sus soluciones. La polimerización se cataliza con sustancias polares como ácidos, álcalis o agua. Los productos de la polimerización corresponden a paraFormaldehído en fase gaseosa y polioximetilenos en solución con agua.
  
- **Reducción y Oxidación.** El Formaldehído se puede reducir a Metanol con Hidrógeno en presencia de un catalizador de níquel. Se oxida con Acido Nítrico, permanganato de potasio, dicromato de potasio u Oxígeno hasta ácido fórmico o Dióxido de Carbono y agua. En presencia de metilatos de Aluminio o magnesio el paraFormaldehído reacciona para formar formato de metilo.
  
- **Adición.** Con ácido Hidrociánico forma Glicolonitrilo. Con Acetileno genera 2-Butino-1,4-Diol. Las bases fuertes convierten al Formaldehído en una mezcla de hexosas por condensación aldólica múltiple.
  
- **Condensación.** Interviene en reacciones de condensación junto con grupos amino. Con aminas e Hidrógeno se producen metil-aminas. Con Amoníaco produce hexametilentetramina, con cloruro de amonio forma mono, di y trimetilamina y ácido fórmico dependiendo las condiciones de reacción. Reacciona con muchas sustancias generando grupos metilol (-CH<sub>2</sub>OH) como en el caso de metilolfenol, mono, di y trimetilolurea, etc. Las sustancias aromáticas se combinan con el Formaldehído y producen difenilmetanos. Por esta vía se obtienen las hidracinas, hidrazonas y semicarbazonas.
  
- **Formación de Resinas.** La reacción de condensación de Formaldehído con urea, melamina, uretanos, amidas, amidas aromáticas sulfonadas y fenoles produce una gran cantidad de resinas de uso en diferentes áreas.

#### 4.15.1.5.1 Incompatibilidades

La alta reactividad del Formaldehído hace que se presenten peligros químicos en muchos tipos de circunstancias y con muchos tipos de compuestos. En soluciones acuosas del 40% de concentración se comporta como un agente reductor poderoso de reacción violenta con aminas, compuestos azo, ditiocarbamatos, metales alcalinos y alcalinotérreos, sulfuros, compuestos alifáticos insaturados, peróxidos orgánicos y agentes oxidantes fuertes como el ácido perclórico<sup>(2, 8, 10)</sup>.

El calentamiento de soluciones de formalina provoca desprendimiento del Formaldehído contenido en la solución; una vez en la atmósfera, esta sustancia se convierte en un agente irritante fuerte para cualquier persona cercana. Se pueden generar peligros adicionales con riesgo de explosión por causa del calentamiento excesivo de este tipo de soluciones cuando se alcanza la temperatura de auto inflamación o por su descomposición térmica donde se produce Hidrógeno altamente explosivo<sup>(2, 9, 10)</sup>.

Cuando el Formaldehído reacciona con ácido clorhídrico o con otros cloruros orgánicos se forma el compuesto bis-clorometil éter, que es una sustancia considerada como cancerígena<sup>(2)</sup>.

De forma general, los compuestos básicos catalizan de una manera marcada la polimerización del Formaldehído. El contacto de esta sustancia con bases fuertes provoca polimerizaciones peligrosas por la cantidad de energía liberada y por el riesgo de explosión que esto trae consigo<sup>(2)</sup>.

HCHO

Formaldehído

## 4.15.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

### 4.15.2.1 PRODUCCIÓN

Industrialmente el Formaldehído se produce por medio de la oxidación del Metanol en presencia de catalizadores metálicos y Oxidos metálicos como plata, Cobre, hierro o molibdeno.<sup>(8,10)</sup>

Existen tres métodos para la producción de Formaldehído comercial; dos de ellos emplean catalizadores de plata y uno catalizadores de ferro-molibdeno. La presión de operación que se maneja en todos los tres procesos corresponde básicamente a la atmosférica; las temperaturas de operación dependen del catalizador usado y varían entre 250 y 720 °C. En todos los procesos, las cantidades relativas de aire-Metanol y aire-Formaldehído deben estar fuera de los límites de explosión para las respectivas mezclas. Los productos generados por reacciones laterales en estos procesos incluyen el Dióxido de Carbono, el Hidrógeno, formato de metilo, metano y ácido fórmico<sup>(1,7,9)</sup>.

#### 4.15.2.1.1 Proceso con Catalizador de Plata No 1<sup>(1,7,9)</sup>

En este procedimiento se realiza una oxidación parcial del Metanol seguida de una deshidrogenación con aire en presencia de cristales de plata, vapor de aire y un exceso de Metanol. El intervalo de temperatura oscila entre 680 y 720 °C. La conversión que se alcanza para el Metanol está en el orden de 98%.

#### 4.15.2.1.2 Proceso de Catalizador de Plata No 2<sup>(1,7,9)</sup>

Al igual que en el método anterior, el proceso implica una oxidación parcial y deshidrogenación con aire en catalizadores de plata cristalina o gasa de plata con vapor y exceso de Metanol a temperaturas entre 600 y 650 °C. La conversión de Metanol está entre 77 y 87%, el Metanol que no reacciona, se destila y recircula al proceso.

#### 4.15.2.1.3 Proceso Formprox<sup>(1,7,9)</sup>

Se realiza solo un proceso oxidativo con aire en exceso en presencia de un catalizador modificado de hierro-molibdeno-vanadio. La temperatura de operación se encuentra entre 250 y 400 °C. La conversión del Metanol es de 99%.

### 4.15.2.2 APLICACIONES Y USOS

Los procesos de producción y materias primas para el Formaldehído hacen que este sea un producto intermedio de gran abundancia, bajo costo, alta pureza y amplia versatilidad para uso en muchas industrias de transformación química<sup>(1,7,8)</sup>.

La generación de resinas constituye el uso para el que se consume la mayor cantidad de Formaldehído. Con este fin se generan resinas de urea Formaldehído, resinas de poliactal, resinas fenólicas, resinas de melamina-Formaldehído, de hexametilentetramina, de trimetilolpropano, de 1,4-butanodiol, de pentaeritritol y otras. Las resinas de urea Formaldehído se usan en el tratamiento de papel y textiles, en compuestos de moldeo, en recubrimientos para superficies y en espumas; las resinas fenólicas se emplean en aislamientos y en adhesivos para conglomerados de madera; las resinas de melamina se emplean en recubrimiento de superficies, en laminados y en adhesivos para madera; la hexametilentetramina se usa en resinas fenólicas termoestables, en agentes de curado para resinas y en explosivos; el trimetilolpropano se usa en la fabricación de uretanos, de lubricantes, de resinas alquídicas y de acrilatos multifuncionales; el 1,4-butanodiol se usa en la generación de tetrahidrofurano, de butirolactona y de polibutentereftalato; finalmente el pentaeritritol se usa en la fabricación de resinas alquídicas, de lubricantes sintéticos y en explosivos. Otros usos de las resinas generadas a partir del Formaldehído incluyen la manufactura de artefactos para usos eléctricos como interruptores, tomacorrientes y en partes de motores eléctricos<sup>(2,8,9,10)</sup>.

Otras industrias que se valen de las propiedades insecticidas, germicidas y funguicidas del Formaldehído son la de los detergentes y agentes de limpieza industrial donde se usa como preservante en jabones, detergentes y agentes de limpieza; en la industria de los cosméticos se usa como preservativo en jabones, desodorantes, champús y en productos para la higiene oral; en la industria azucarera se usa como inhibidor de crecimiento

bacteriano en los jugos de caña; en la medicina se usa para la desinfección y esterilización de equipo médico y en preparaciones de preservación de tejidos; se usa como biocida y agente auxiliar de refinado en la industria del petróleo; la industria agrícola lo usa en la preservación de granos, desinfección del suelo, protección de las raíces de plantas contra infecciones y como protección de proteína dietaria en alimentos para rumiantes; en los alimentos tiene aplicación como preservante de alimentos secos y en la preservación de pescado, aceites y grasas; <sup>(2, 8, 9)</sup>.

En la industria de los metales el Formaldehído se emplea como inhibidor de corrosión, en la recuperación de oro y plata y para operaciones de electroplateado. En la perforación de pozos petroleros se usa como vehículo en procesos de deposición con vapor. En la industria de los fertilizantes, el Formaldehído se emplea en la fabricación de resinas diseñadas para la liberación lenta de fertilizantes en el suelo. La industria del cuero usa el Formaldehído en el proceso de curtición <sup>(2, 5)</sup>.

#### 4.15.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### Frases de Riesgo <sup>(13)</sup>

##### Solución de Formaldehído, Concentración entre 1% y 5%

**R40:** Posibles efectos cancerígenos

**R43:** Posibilidad de sensibilización al contacto con la piel

##### Solución de Formaldehído, Concentración entre 5% y 25%

**R20/21/22:** Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel

**R36/37/38:** Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias

**R40:** Posibles efectos cancerígenos

**R43:** Posibilidad de sensibilización al contacto con la piel

##### Solución de Formaldehído, Concentración >25%

**R23/24/25:** Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel

**R34:** Provoca quemaduras

**R40:** Posibles efectos cancerígenos

**R43:** Posibilidad de sensibilización al contacto con la piel

La toxicidad del Formaldehído se debe principalmente a sus propiedades altamente irritantes para los tejidos vivos que entran en contacto con él. Las síntomas más comunes de la exposición a Formaldehído son la irritación en los ojos, nariz y garganta. Estos síntomas se perciben a partir de concentraciones de entre 0,4 y 3 ppm. La variabilidad en la concentración de aparición de los efectos depende de cada exposición específica debido a que cada persona posee sus propios niveles de detección <sup>(5, 8, 9, 11)</sup>.

La toxicidad del Formaldehído está enfocada a la ruta de exposición por la cual tenga acceso al organismo. La irritación por contacto se ve en las rutas por inhalación, por ingestión y por la piel. Concentraciones altas son tóxicas para las células y resultan en degeneración y necrosis de las capas mucosas y epiteliales de las células <sup>(7)</sup>.

Los efectos de la ingestión de grandes cantidades de Formaldehído conducen a dolor intenso en el abdomen, vómito, estado de coma y, dependiendo de la dosis ingerida, se puede producir la muerte de la persona expuesta. Si la sustancia que se ingiere es formalina (solución acuosa de Formaldehído) con Metanol como agente de estabilización, se pueden presentar efectos nocivos debidos al Metanol; estos incluyen visión borrosa o su posible pérdida en forma permanente. El contacto de la piel con Formaldehído en altas concentraciones, ya sea en el aire o en soluciones, genera principalmente irritación local. Otro peligro que presenta el Formaldehído lo constituye su alta inflamabilidad y explosividad en mezclas con aire. Además de lo anterior, instituciones como la IARC (International Agency for Research on Cancer) y la OSHA (United States Occupational Safety and Health Administration) consideran al Formaldehído una sustancia probablemente cancerígena

HCHO

Formaldehído

para seres humanos; la decisión sobre su potencial cancerígeno no ha sido definitiva en virtud a que los diferentes estudios que soportan estos resultados muestran conclusiones divergentes <sup>(5, 8, 10, 11)</sup>.

Un tipo de peligro a tener en cuenta en el manejo de Formaldehído obedece a su alta inflamabilidad y a su posibilidad de generación de mezclas explosivas con el aire a bajas y altas concentraciones de Formaldehído (7%-73% de Formaldehído en volumen) <sup>(11, 8)</sup>.

#### **4.15.3.1 INHALACIÓN**

Esta es la vía de contacto más común del Formaldehído con el tejido animal, vegetal o humano. Normalmente todo tipo de población está expuesta a niveles bajos de Formaldehído en el aire que ocurren de forma natural o por fuentes humanas. Los mayores niveles de exposición a Formaldehído están presentes en personas que viven cerca o trabajan en plantas de fabricación o transformación de esta sustancia. Personas que trabajan en laboratorios del área de la salud también pueden estar expuestas por causa de la utilización del Formaldehído con fines de preservación de especímenes, tejidos, órganos, etc. A nivel doméstico, el Formaldehído puede alcanzar el aire por liberación directa a partir de productos como pinturas de látex, endurecedores de uñas, artículos de fibra de vidrio y otros varios <sup>(2, 5, 7)</sup>.

El Formaldehído disperso en el aire se absorbe rápidamente a través de los pulmones; una vez se absorbe por un organismo, se transforma y destruye rápidamente por acción metabólica. Casi todos los tejidos del organismo son capaces de degradar el Formaldehído transformándolo en formiato, que se elimina por vía urinaria. También se puede convertir en Dióxido de Carbono y de esta forma se elimina en la respiración. Otra vía de transformación metabólica del Formaldehído en el organismo implica su acondicionamiento para la generación de moléculas más grandes asimilables por los tejidos <sup>(2, 5, 7, 8)</sup>.

NIOSH (United States National Institute for Occupational Safety and Health) considera que una concentración en el aire de Formaldehído a partir de 20 ppm es peligrosa de forma inmediata para la salud humana, no obstante en casos extremos esta concentración se puede sobrepasar por mucho. Los casos de exposición por tiempos prolongados en concentraciones consideradas como agudas traen consigo el riesgo de muerte para cualquier individuo presente en el área de peligro. La exposición aguda al Formaldehído se da en niveles entre 50 y 100 ppm donde se detecta principalmente por su olor; los efectos en las vías respiratorias son muy serios y por lo general se presentan en forma de quemaduras e irritación muy fuerte de nariz, tráquea, esófago, bronquios y pulmones. En concentraciones de entre 10 y 20 ppm se presenta dificultad en la respiración debida a la inflamación de vías respiratorias, tos, y quemaduras severas de nariz y garganta. A 10 ppm el Formaldehído provoca lagrimeo profuso pero se puede soportar por algunos minutos. A 4 o 5 ppm se genera irritación leve de las mucosas nasales y bucales. En 1 ppm solo se siente su olor, aunque personas muy sensibles a esta sustancia pueden desarrollar irritaciones leves. Las exposiciones de alguna consideración provocan en las víctimas dolor de cabeza, rinitis, bronquitis, edema pulmonar o neumonía como efectos comunes. Los efectos de exposición a Formaldehído pueden ser retardados y presentarse luego de periodos de entre 3 y 6 horas <sup>(2, 5, 7, 8)</sup>.

Los niños se ven más afectados que los adultos expuestos a niveles similares de Formaldehído debido a su mayor relación de área pulmonar con respecto al área corporal y a su mayor frecuencia respiratoria <sup>(6)</sup>.

El CL<sub>50</sub> del Formaldehído en roedores se encuentra entre 414 ppm (ratones por 4 horas) y 820 ppm (ratas por 30 minutos). Los efectos de exposición en animales son similares a los descritos en humanos en el párrafo anterior. Ratones expuestos a vapores de Formaldehído de 40 ppm, 6 horas al día por 5 días a la semana por un periodo de 13 semanas presentaron mortalidad en un 80% de los casos mientras que en iguales condiciones a 20 ppm no se presentó ninguna víctima fatal <sup>(7, 10)</sup>.

#### **4.15.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS**

Industrialmente el contacto ocular o cutáneo con vapores o soluciones de Formaldehído se puede generar en ambientes con pobre control de emisiones y de operaciones en donde se requiera la manipulación de esta sustancia en recipientes no herméticos.

El empleo de Formaldehído como aditivo en cosméticos genera algún grado de exposición para personas ajenas a los ambientes industriales; no obstante los niveles empleados siempre se controlan para no exceder el umbral de irritabilidad en la piel <sup>(7)</sup>.

El uso del Formaldehído en forma directa en soluciones acuosas como desinfectante y medio de conservación de muestras en laboratorios, hospitales y centros de investigación hace que personas como médicos, enfermeras, auxiliares de laboratorio y personal de limpieza estén en riesgo de contacto mayor con esta sustancia que el común de las personas.

El contacto ocular con vapores de Formaldehído produce irritación y lagrimeo desde concentraciones tan bajas como 0,4% para algunas personas. Dependiendo de la concentración, las soluciones de Formaldehído pueden causar incomodidad temporal e irritación o efectos más severos, incluyendo opacidad y ulceraciones en la córnea, muerte de las células en la superficie del ojo, perforaciones de los lentes oculares y pérdida permanente de la visión; estos efectos son retardados en algunos casos y se pueden presentar en el lapso de hasta 12 horas. Los efectos de soluciones diluidas en cortos tiempos de exposición desaparecen al cabo de unos minutos y un adecuado y rápido tratamiento de primeros auxilios <sup>(7,8)</sup>.

Los efectos que se presentan en la piel son proporcionales a las concentraciones de exposición y a los tiempos de exposición. En los casos más agudos se presentan quemaduras y ulceraciones graves <sup>(7,8)</sup>.

Los niños son más vulnerables a agentes tóxicos que afectan la piel que los adultos a causa de su mayor relación de área corporal en referencia con su peso <sup>(8)</sup>.

#### 4.15.3.3 INGESTIÓN

La ingestión de Formaldehído por seres humanos tiene lugar por el consumo de alimentos que incluyen esta sustancia dentro de su formulación como agente conservante; no obstante las dosis son lo suficientemente pequeñas como para no tener efectos en la salud. En forma aguda, la ingestión se puede presentar en intentos de suicidio o en incidentes accidentales con soluciones de Formaldehído destinadas para la limpieza o desinfección <sup>(7)</sup>.

La absorción de Formaldehído en el organismo a través del tracto gastrointestinal es rápida luego de una exposición por vía oral, pero los efectos que se puedan presentar son retardados por la ingestión de alimentos. Una vez se absorbe, el Formaldehído se transforma en ácido fórmico por la acción de una serie de reacciones metabólicas; el ácido fórmico causa desequilibrios de pH así como otros efectos en el organismo que pueden ir en contra del buen funcionamiento corporal <sup>(8)</sup>.

La dosis letal probable de Formaldehído (como formalina) para seres humanos ( $DL_{50}$ ) se encuentra entre 500 y 5000 mg/kg, que representa una cantidad total de entre 35 y 350 g para una persona de 70 kg de peso. En ratas y conejillos de indias las  $DL_{50}$  son similares que en caso de humanos, siendo éstas de 800 y 260 mg/kg de peso para cada especie respectivamente <sup>(2,8,10)</sup>.

La ingestión de formalina causa lesiones severas en el tracto gastrointestinal. El mecanismo de acción exacto para la toxicidad del Formaldehído no se ha entendido con claridad pero se sabe que puede interactuar con moléculas en las membranas celulares en los tejidos y fluidos corporales y puede obstaculizar las funciones celulares. El consumo de altas concentraciones de Formaldehído provoca precipitación de proteínas celulares generando la muerte celular y en general la necrosis del área afectada <sup>(8)</sup>.

Las soluciones de Formaldehído provocan lesiones corrosivas severas en la boca, el esófago y el estómago. Por acción de la ingestión se pueden presentar efectos como náuseas, vómito, diarrea, dolor abdominal, inflamación estomacal, ulceraciones y perforaciones de la faringe, epiglotis, esófago y estómago. Estos efectos en casos graves pueden causar hemorragias internas, necrosis masiva de los tejidos y finalmente la muerte del individuo al

HCHO

Formaldehído

cabo de un periodo comprendido entre 5 y 24 horas después de la ingestión. Los problemas más graves causados por ingestión de formalina se pueden evitar si la víctima recibe a tiempo procedimientos de primeros auxilios y de atención médica de emergencia <sup>(7,8)</sup>.

#### **4.15.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

En exposiciones prolongadas por vía respiratoria a bajas concentraciones de Formaldehído se puede presentar asma y problemas pulmonares crónicos. Es posible desarrollar dolor de cabeza persistente, personalidad depresiva, cambios repentinos de ánimo, insomnio, irritabilidad, dificultad de concentración y pérdida leve de la memoria <sup>(8)</sup>.

El Formaldehído se absorbe por la piel y puede causar irritación o dermatitis alérgica en concentraciones bajas de alrededor de 1 o 2%.

#### **4.15.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

##### **4.15.3.5.1 Efectos Cardiovasculares <sup>(7)</sup>**

En pacientes que ingieren Formaldehído se ha reportado la muerte como consecuencia de fallos del sistema cardiaco que dan inicio con una caída notoria de la presión sanguínea. Otras víctimas muestran alteraciones como taquicardia antes del colapso circulatorio.

##### **4.15.3.5.2 Efectos Musculares <sup>(7)</sup>**

Los efectos descritos en estudios realizados con personas expuestas a vapores de Formaldehído en sus lugares de trabajo muestran rigidez muscular luego de exposición crónica. Las personas estudiadas son empleados y propietarios de funerarias que realizan procedimientos de embalsamado.

##### **4.15.3.5.3 Efectos Renales <sup>(7)</sup>**

Fallas renales previas a la muerte se reportan en ingestiones agudas de soluciones de Formaldehído para víctimas de suicidio. De forma crónica en estudios efectuados sobre ratas se reporta aumento en necrosis de tejido renal luego de exposición a 82 mg/kg/día por 2 años.

##### **4.15.3.5.4 Efectos Inmunológicos <sup>(7)</sup>**

El Formaldehído se considera como un agente alergeno <sup>1</sup> para los seres humanos, pero sus efectos se notan a partir de concentraciones entre 0,025 y 0,05%. La vía cutánea es la ruta de mayor incidencia para la aparición de los síntomas de alergia al Formaldehído. Las reacciones alérgicas solo se presentan en individuos sensibles a esta sustancia por cuanto no todas las personas están expuestas a estos efectos. Los síntomas que presentan las personas alérgicas incluyen dermatitis local en el área de contacto y edema laríngeo y bronco espasmo para el caso de inhalación en pequeñas cantidades.

##### **4.15.3.5.5 Efectos Neurológicos <sup>(7)</sup>**

El consumo de Formaldehído en exposiciones agudas puede generar letargo, ataques parecidos a los generados por la epilepsia y pérdida de la conciencia. Las personas expuestas a Formaldehído en la atmósfera muestran disminución en el desempeño de sus labores, pérdida de la concentración, disminución en el desempeño de la memoria, variaciones en el estado de ánimo e irritabilidad. Los síntomas se pueden presentar en concentraciones tan bajas como 5 ppm.

#### **4.15.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA**

DL<sub>50</sub> (oral, ratas): 100 mg/kg <sup>(16)</sup>

CL<sub>50</sub> (inhalación): 1000 mg/m<sup>3</sup>/30 minutos <sup>(16)</sup>

El Formaldehído muestra propiedades genotóxicas en humanos y en animales de laboratorio produciendo aberraciones en los Cromosomas. Se recomienda seguimiento médico para mujeres en estado de embarazo que se hayan expuesto a concentraciones altas de Formaldehído <sup>(8)</sup>.

<sup>1</sup> Sustancia capaz de generar alergias

La exposición crónica a vapores de Formaldehído está asociada en algún grado al desarrollo de cáncer de vías respiratorias y generación de tumores nasales en seres humanos. En ratas expuestas a altas concentraciones de Formaldehído en diversos estudios se muestra desarrollo de diversos cuadros cancerígenos en la zona nasal y nasofaríngea. IARC (Internacional Agency for Research on Cancer) y EPA (Environmental Protection Agency) clasifican al Formaldehído como una sustancia probablemente cancerígena en virtud de los ensayos de laboratorio realizados en animales <sup>(7, 8, 9, 10)</sup>.

#### **4.15.5 RESPUESTA A ACCIDENTES**

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

##### **4.15.5.1 PRIMEROS AUXILIOS**

Las víctimas involucradas en accidentes de consideración con Formaldehído se deben retirar con prontitud de la zona de peligro. La contaminación aguda con Formaldehído puede requerir descontaminación y tratamiento médico de emergencia para las víctimas implicadas en el accidente <sup>(2)</sup>.

###### **4.15.5.1.1 Exposición en Ojos**

La víctima se debe retirar de la zona de peligro de forma inmediata. Si el grado de la exposición requiere la asistencia de otra persona, ésta debe llevar el equipo de seguridad apropiado para evitar la exposición al Formaldehído. Los empleados u operarios que manipulen esta sustancia no deben portar lentes de contacto. Si la víctima porta lentes de contacto en el momento del accidente, éstos se deben retirar de los ojos tratando de no generar heridas adicionales. Los ojos se deben lavar con abundante agua durante por lo menos 15 minutos levantando eventualmente los párpados superior e inferior para retirar la posible acumulación de sustancia en estas superficies. La víctima se debe remitir a asistencia médica inmediatamente <sup>(2, 11, 12)</sup>.

###### **4.15.5.1.2 Exposición en la Piel**

La víctima se debe retirar de la zona de peligro de forma inmediata. Si el grado de la exposición requiere la asistencia de otra persona, ésta debe llevar el equipo de seguridad apropiado para evitar la exposición al Formaldehído. Se deben retirar de forma rápida las prendas de ropa que se hayan contaminado con esta sustancia para evitar exposiciones prolongadas. La piel contaminada con Formaldehído se debe lavar muy bien con agua y jabón. Las exposiciones severas requieren atención médica de forma rápida para evitar complicaciones posteriores de la salud <sup>(2, 11, 12, 15)</sup>.

###### **4.15.5.1.3 Inhalación**

La persona afectada se debe retirar del peligro y se debe ubicar en una zona donde tenga acceso a aire fresco. El esfuerzo físico por lo general agrava los efectos que se puedan presentar en los pulmones y por tanto la víctima se debe mantener en reposo. Si la víctima ha cesado de respirar se debe realizar el procedimiento de respiración artificial hasta que se recupere o hasta que llegue personal calificado de atención. En el caso de respiración dificultosa y si en las instalaciones existe equipo de respiración auxiliar con Oxígeno, este procedimiento se debe administrar hasta la llegada de personal de atención de emergencias calificado <sup>(2, 11, 12)</sup>.

###### **4.15.5.1.4 Ingestión**

No es una buena práctica inducir el vómito en las víctimas que hayan ingerido soluciones de Formaldehído ya que este procedimiento puede conllevar al aumento en las quemaduras del tracto digestivo superior. El mejor procedimiento de primeros auxilios que se puede administrar en el caso en el que la víctima este conciente consiste en la dilución de los contenidos estomacales con aproximadamente dos vasos de agua o leche. Las personas afectadas se pueden tratar haciendo que beban carbón activado mezclado con una cantidad entre 125 y 250 ml de agua; la cantidad de carbón activado esta entre 15 y 30 g para niños y 50 y 100 g para adultos. Nunca se debe administrar ningún elemento por vía

HCHO

Formaldehído

oral a víctimas que se encuentren en estado de inconsciencia. Si la víctima ha dejado de respirar, se debe aplicar el procedimiento de respiración artificial<sup>(2,9)</sup>.

#### 4.15.5.1.5 Rescate

Las víctimas siempre se deben retirar de la zona de exposición lo más rápido posible por personal que porte equipo de seguridad adecuado que evite su propia exposición. El personal que trabaje en ambientes donde se pueda presentar exposición de algún tipo al Formaldehído debe ser entrenado en procedimientos de emergencia adecuados para cada instalación específica. Se debe identificar la ubicación de los elementos de seguridad y de primeros auxilios antes que se presente la necesidad<sup>(15)</sup>.

Para situaciones de emergencia se debe portar un aparato de respiración autocontenido de presión positiva o de demanda de presión con pieza facial completa. El equipo de protección debe incluir un traje hermético resistente a ataques de químicos. Materiales como caucho de butilo, butilo/neopreno o polietileno presentan buena resistencia al ataque del Formaldehído en soluciones acuosas de hasta 37%<sup>(2,15)</sup>.

#### 4.15.5.2 INCENDIOS

Esta es una sustancia inflamable. La zona de peligro se debe evacuar de forma inmediata en la presencia de fuegos incontrolables. Si el fuego proviene del escape de material de un contenedor y es posible cerrar el contenedor, esto es lo primero que se debe hacer si el peligro adicional no es muy grave; de otro modo, el contenedor se debe dejar arder libremente. Los fuegos pequeños provocados por esta sustancia se pueden tratar con polvo químico seco, Dióxido de Carbono, agua o espuma. Los fuegos mayores se deben tratar con espuma o con agua. Los contenedores de Formaldehído de gran tamaño se deben mantener frescos en un incendio usando chorros de agua aplicados sobre ellos pero sin permitir que el agua haga contacto con la solución de Formaldehído<sup>(2,11,12)</sup>.

#### 4.15.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

Si se derrama o escapa Formaldehído en sus formas gaseosa o de solución en agua se deben seguir los pasos en seguida descritos<sup>(15)</sup>:

1. Si el Formaldehído esta en forma gaseosa, detener si es posible el flujo de gas. Si la fuente de la fuga es un cilindro y no se puede detener la fuga, retirar el cilindro a un área segura fuera del alcance inmediato de personas donde se pueda reparar el daño o se permita vaciar el cilindro.
2. Retirar todas las posibles fuentes de ignición de las zonas aledañas.
3. Ventilar el área de fuga o derrame.
4. Para derrames pequeños de soluciones que contengan Formaldehído se puede absorber el material derramado en un medio adecuado como toallas de papel que luego se pueden disponer en un contenedor para posterior tratamiento, que puede incluir su incineración o evaporación en una campana extractora.
5. Grandes cantidades de líquidos que contengan Formaldehído en solución se pueden absorber en vermiculita, arena seca, tierra o materiales similares no combustibles y luego se ubican en un contenedor para tratamiento posterior. Para realizar una neutralización del Formaldehído se puede emplear hidróxido de amonio diluido, carbonato de sodio o sulfito de sodio.

El personal que no porte equipo completo de seguridad se debe retirar de la zona de escape o fuga hasta que concluyan los procedimientos de limpieza.

#### 4.15.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 0,3 ppm; 0,37 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no publicada)<sup>(14)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 0,75 ppm; 0,93 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no publicada)<sup>(5,6,13,14)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 0,75 ppm; 0,93 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no publicada)<sup>(14)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 20 ppm; 24,7 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no publicada) <sup>(8)</sup>

**STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH):** 2 ppm; 3 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no publicada) <sup>(2, 5, 6, 8)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.15.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(13, 15)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto con la piel de Formaldehído o con sus soluciones que posean una concentración mayor al 1%. Los empleados deben portar este mismo equipo de seguridad cuando estén expuestos de forma prolongada a soluciones de Formaldehído de concentración menor al 1%.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Formaldehído en forma gaseosa o en soluciones que posean un contenido mayor a 1%, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que soluciones de Formaldehído entren en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que soluciones de Formaldehído con contenidos mayores a 1% entren en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

##### 4.15.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Se debe usar equipo de protección respiratoria (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 49. Protección respiratoria mínima para Formaldehído en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima (OSHA)
Cualquier concentración detectable.	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa y operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. C u a l -
Ingreso planeado o de emergencia en ambientes de concentración desconocida.	quier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva.
Lucha contra el fuego.	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva.
Evacuación.	Cualquier aparato de respiración autocontenido apropiado para evacuación.

Tomado de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Formaldehído, Potential Human Carcinogen " (15)

#### 4.15.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con Formaldehído, el personal se debe entrenar en su manejo y almacenamiento. Además debe estar entrenado en el uso del equipo de protección personal.

Por causa del riesgo de generación de fuego y explosiones en áreas de manejo de Formaldehído se debe restringir la presencia de factores que sirvan como iniciadores de llama como cigarrillos, cortos circuitos, etc. Estas áreas deben poseer un buen sistema de ventilación para impedir la acumulación de vapores y gases tóxicos y explosivos<sup>(11, 12)</sup>.

Las áreas donde se efectúan operaciones de transformación de Formaldehído debe poseer sistemas de ventilación local aparte de los sistemas de ventilación general del ambiente de trabajo para los operarios<sup>(11, 12)</sup>.

Mientras se manipule esta sustancia, los trabajadores no deben ingerir alimentos o bebidas ni tampoco fumar<sup>(11, 12)</sup>.

##### 4.15.8.1 FRASES DE SEGURIDAD<sup>(11, 12, 13)</sup>

###### **Solución de Formaldehído, Concentración entre 1% y 5%**

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S23:** No respirar los gases / humos / vapores / aerosoles (denominación adecuada a especificar por el fabricante)

**S37:** Usense guantes adecuados

###### **Solución de Formaldehído, Concentración entre 5% y 25%**

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico

**S51:** Usese únicamente en lugares bien ventilados

**S36/37:** Usense indumentaria y guantes de protección apropiados

###### **Solución de Formaldehído, Concentración >25%**

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico

**S36/37/39:** Usense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos / la cara

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta)

**S51:** Usese únicamente en lugares bien ventilados

##### 4.15.8.2 ALMACENAMIENTO

Las características de las soluciones de formalina son muy dependientes de la temperatura y teniendo en cuenta las necesidades específicas se debe almacenar a una temperatura específica. La forma de transporte y almacenamiento más común de soluciones de Formaldehído se da en contenedores de acero inoxidable, Aluminio, contenedores con recubrimiento de esmalte o resinas de poliéster<sup>(1)</sup>.

Se requieren lugares de almacenamiento bien ventilados y secos. Lejos de fuentes de ignición y de la acción directa de los rayos solares. El área de almacenamiento de Formaldehído debe estar lo más separada posible de sus materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. Evitar el deterioro de los contenedores. Mantenerlos cerrados cuando no están en uso. Almacenar las menores cantidades posibles. Los contenedores vacíos deben ser separados. Inspeccionar regularmente la bodega para detectar posibles fugas o corrosión. El almacenamiento debe estar retirado de áreas de trabajo.

#### 4.15.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES<sup>(10)</sup>

Tabla 50. Usos, generación y control de emisiones de Formaldehído

Uso / Generación	Control
Durante la síntesis y manipulación de resinas de formaldehído; durante la síntesis de agentes quelantes.	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal.
Durante su uso en la manufactura de textiles y en operaciones de curtición.	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal.
En agentes de embalsamado, limpieza y desinfección.	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal.

#### 4.15.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

El Formaldehído está presente en el medio ambiente como resultado de fuentes tanto naturales como humanas. Dentro de las principales fuentes naturales se encuentra la oxidación de hidrocarburos como metano, que es un gas de una abundancia relativamente alta en algunas zonas de la tierra. Otras fuentes naturales de menor importancia corresponden a la descomposición de residuos de plantas y la transformación de varios químicos emitidos por el follaje de árboles y arbustos. Las fuentes de emisión de Formaldehído o sus precursores en las que interviene el hombre están asociadas a la combustión incompleta de gasolinas en motores vehiculares sin convertidores catalíticos en sus gases de exhaustación; también están asociadas a la generación de residuos, emisiones o desechos durante la manufactura de Formaldehído y de materiales derivados o tratados con él<sup>(9)</sup>.

##### 4.15.10.1 SUELO

El Formaldehído no es una sustancia con una alta afinidad por el suelo o los sedimentos y por tanto no presenta una permanencia marcada en dichos elementos; preferiblemente se desplaza hacia el agua o el aire ayudado por la deposición húmeda en las lluvias o por el calentamiento del sol que lo envía a la troposfera. El Formaldehído que permanece en el suelo y no se retira por los dos factores mencionados antes se transforma y degrada por varios microorganismos del suelo que lo incorporan en su estructura; estos procesos hacen que su vida media en tierra sea de entre 24 y 168 horas dependiendo del tipo de suelo, de la facilidad de filtración y de la cantidad de microorganismos presentes<sup>(9,10)</sup>.

##### 4.15.10.2 AIRE

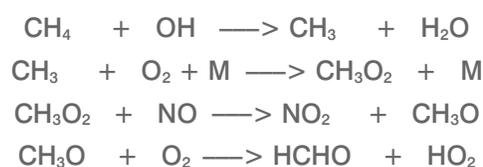
El aire es el medio más importante de permanencia en el ciclo del Formaldehído ya que muchos de los procesos de producción, emisión y degradación ocurren allí y por tal razón el aire es la forma más común de exposición de tipo crónico. La alta reactividad del Formaldehído unida con la gran variedad y disponibilidad de compuestos presentes en la atmósfera hacen que su vida media sea corta, pudiendo estar entre unos 30 minutos y un par de días dependiendo del lugar al que se haga referencia. Este hecho implica que el Formaldehído como tal no se desplaza grandes distancias luego de alcanzar la atmósfera sino que más bien se mantiene congregado cerca de los lugares de emisión<sup>(5,9)</sup>.

Los niveles de Formaldehído en la atmósfera varían de acuerdo con factores tales como la actividad industrial, el nivel de consumo de combustibles y la presencia de sus precursores. En zonas no muy habitadas las cantidades de Formaldehído presentes en el aire pueden ser tan bajas como 0,2 ppb; en áreas suburbanas los niveles suben entre 10 o 30 veces hasta alcanzar entre 2 y 6 ppb; en zonas densamente pobladas o muy industrializadas las cantidades pueden subir por lo regular hasta 10 o 20 ppb; esta condición puede empeorar si se está en horas pico donde las emisiones de gases de los automóviles alcanzan un máximo<sup>(5)</sup>.

Una fuente importante de generación de Formaldehído incluye la interacción de metano, radicales OH<sup>-</sup> libres, Oxígeno atmosférico y Oxidos de nitrógeno en una serie de reacciones descritas por las siguientes expresiones<sup>(9)</sup>:

HCHO

Formaldehído

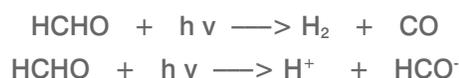


Existen muchas formas por las cuales el Formaldehído se transforma o se elimina en la atmósfera pero las principales corresponden a la reacción con radicales  $\text{OH}^\cdot$ , degradación por acción de radiaciones ultravioleta, reacción con  $\text{SO}_2$ , absorción en nubes y lavado en la lluvia. La mayor parte del Formaldehído generado en un día por diversos caminos se transforma y degrada el mismo día generando por lo común ácido fórmico y monÓxido de Carbono<sup>(8, 9)</sup>.

A niveles atmosféricos bajos, el mecanismo principal de remoción de Formaldehído lo constituye la reacción con radicales hidroxilo generados fotoquímicamente en la troposfera por causa de la siguiente reacción<sup>(9, 10)</sup>:



La degradación del Formaldehído por acción de radiaciones ultravioleta solares produce principalmente Hidrógeno y monÓxido de Carbono, aunque también se producen radicales hidrónio ( $\text{H}^+$ ) y formilo ( $\text{HCO}^\cdot$ )<sup>(9, 10)</sup>:



Los radicales hidrónio ( $\text{H}^+$ ) y formilo ( $\text{HCO}^\cdot$ ) reaccionan de manera rápida con el Oxígeno atmosférico y producen monÓxido de Carbono y radical hidroperoxilo ( $\text{HO}_2$ ). Bajo las condiciones apropiadas, las sustancias generadas en estos ciclos son constituyentes importantes del tipo de contaminación atmosférica conocida en algunos lugares como smog<sup>(10)</sup>.

La reacción del Formaldehído con Dióxido de azufre está asociada a fenómenos de acidificación de las precipitaciones. El Formaldehído reacciona con  $\text{SO}_2$  generando ácido metanosulfónico moderadamente concentrado, que es una vía de mayor velocidad que la del paso hasta ácido sulfúrico<sup>(9)</sup>.

Los procesos de remoción de Formaldehído atmosférico por absorción y lavado con lluvias son de menor importancia ya que solo remueven alrededor de un 1% de todo el Formaldehído atmosférico por esas vías. En la absorción, el Formaldehído gaseoso pasa a ser incluido dentro de las nubes cuando se forman las partículas de agua por acción de la condensación; por otro lado, en el proceso de lavado, las gotas de agua recorren la atmósfera y retiran partículas, gases y en general sustancias que guardan alguna relación con el Formaldehído<sup>(9)</sup>.

En horas de la noche cuando no hay radiaciones ultravioleta que den lugar a radicales  $\text{OH}^\cdot$ , la destrucción del Formaldehído ocurre gracias a una reacción en fase gaseosa con radicales nitrato; este tipo de comportamiento es más común en áreas urbanas, donde la concentración de radicales nitrato es mayor que en las zonas rurales. Como productos en esta interacción se generan Acido Nítrico y radicales formilo, éste último reacciona con otras sustancias hasta convertirse en ácido fórmico<sup>(10)</sup>.

#### 4.15.10.3 AGUA

El Formaldehído se disuelve rápidamente en el agua pero no se mantiene allí por mucho tiempo y por esta razón no se encuentra de forma común en lechos acuíferos. La cantidad de esta sustancia que logra permanecer en estado acuoso se transforma en otras sustancias por acción de iones hidroxilo libres, Oxígeno y microorganismos<sup>(8, 10)</sup>.

2 La palabra smog proviene de los vocablos "smoke" y "fog" del inglés que significan humo y niebla respectivamente.

El Formaldehído se considera como una sustancia biodegradable ya que los organismos acuáticos son capaces de metabolizarlo al cabo de pocas horas. Por causa de una reacción de hidratación, el Formaldehído se transforma de manera rápida en glicol. La reacción con grupos hidroxilo en presencia de Oxígeno produce ácido fórmico, agua y perOxido de Hidrógeno acuoso<sup>(9,10)</sup>.

La vida media del Formaldehído en el agua depende de factores importantes como la presencia y cantidad de microorganismos degradadores o la presencia de Oxígeno disuelto. En condiciones aeróbicas a 20 °C la transformación se puede desarrollar en el transcurso de 30 horas, mientras que en condiciones anaeróbicas a igual temperatura la transformación toma alrededor de 48 horas<sup>(10)</sup>.

#### 4.15.11 ECOTOXICIDAD<sup>(16,17)</sup>

##### Toxicidad para Peces

Trucha Arcoiris CL<sub>50</sub>: 214 mg/l

Pez Branquias Azules, 96 horas CL<sub>50</sub>: 100 ml/l

##### Toxicidad para Invertebrados

Daphnia magna LC<sub>50</sub> (48 h): 2 (mg/l)

Daphnia magna EC<sub>50</sub> (24 h): 42 (mg/l)

Helisoma sp. LC<sub>50</sub> (96 h): 37,5 (mg/l)

Corbicula sp. LC<sub>50</sub> (96 h): 50,8 (mg/l)

#### 4.15.12 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman´s Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 11; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Environmental Protection Agency (EPA). Formaldehyde Chemical Profile and Emergency First Aid Treatment Guide [en línea]. Octubre de 1985, revisión noviembre de 1987 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible [http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical\\_Results?OpenView&Start=117](http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical_Results?OpenView&Start=117)
3. Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS Substances, Formaldehyde [en línea]. Enero de 1989 [citado Mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0419.htm>
4. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado en Enero de 2003 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Statement for Formaldehyde [en línea]. Julio de 1999 [citado Mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs111.html>
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. ToxFAQ´s for Formaldehyde [en línea]. Julio de 1999 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts111.html>
7. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Formaldehyde [en línea]. Julio de 1999 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp111.html>
8. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Managing Hazardous Material Incidents, Formaldehyde [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado mayo de 2003 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg111.pdf>

HCHO

Formaldehído

9. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Environmental Health Criteria 89, Formaldehyde* [en línea]. 1989 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc89.htm>
10. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Concise International Chemical Assessment Document 40, Formaldehyde* [en línea]. 2002 [citado Mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad40.htm>
11. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *International Chemical Safety Cards, Formaldehyde* [en línea]. Octubre de 2000 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc02/icsc0275.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc02/icsc0275.htm)
12. Organización Internacional de la Salud (OIT). *International Chemical Safety Cards, Formaldehyde (37% Solution, methanol free)* [en línea]. Octubre de 2000 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc06/icsc0695.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc06/icsc0695.htm)
13. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
14. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Chemical Sampling Information, Formaldehyde* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado enero de 2000 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_242600.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_242600.html)
15. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Occupational Safety and Health Guideline for Formaldehyde, Potential Human Carcinogen* [en línea]. 1988 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0293.pdf>
16. Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). *Software Dataquim. Hoja de Datos de Seguridad, Formaldehído en Solución. Última actualización 2003. Bogotá. Colombia.*
17. *Institute National de L'Environnement Industriel et Des Risques. Formaldehyde* [en línea]. Junio 18 de 2003 [citado octubre 4 de 2003]. Disponible en <http://www.ineris.fr/recherches/download/formaldehyde.pdf>

Formaldehído

## 4.16

### Hidrosulfito de sodio

- 4.16.1. IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.16.1.1 SINONIMOS
  - 4.16.1.2 DESCRIPCION
  - 4.16.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.16.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.16.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.16.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.16.2. PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.16.2.1 PRODUCCION
  - 4.16.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.16.3. EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.16.3.1 INHALACION
  - 4.16.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.16.3.3 INGESTION
  - 4.16.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.16.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.16.4. INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
  - 4.16.4.1 CANCER
- 4.16.5. RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.16.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.16.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.16.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.16.5.1.3 Inhalación
    - 4.16.5.1.4 Ingestión
    - 4.16.5.1.5 Rescate
  - 4.16.5.2 INCENDIOS
  - 4.16.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.16.6. NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

4.16.7. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

4.16.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

4.16.8. CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

4.16.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

4.16.8.2 ALMACENAMIENTO

4.16.9. COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

4.16.10. ECOTOXICIDAD

4.16.11. LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

4.16.12 BIBLIOGRAFÍA

**4.16.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA** <sup>(3,4)</sup>**Formula Molecular:** Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>**CAS:** 7775-14-6**Número UN:** 1384**Clase de Riesgo Principal UN:** 4.2**4.16.1.1 SINONIMOS**Ditionito de Sodio, Sulfoxilato de Sodio, Hidrosulfito Sódico, Sal Disódica del Acido Ditionoso <sup>(3,2)</sup>.**4.16.1.2 DESCRIPCION**

El Hidrosulfito de Sodio esta disponible como cristales blancos en polvo (>90% Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) o como soluciones enfriadas y estabilizadas con álcali típicamente entre 20 – 150 g/l. Posee un olor distintivo a Dióxido de Azufre. La Sal Anhidra es mucho más estable y es la forma más común de comercialización, se encuentra disponible en tres grados comerciales: Grado 1 >90%; Grado 2 >88% y Grado 3 >85% <sup>(1,2,11)</sup>.

**4.16.1.3 COMPOSICION / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES** <sup>(3)</sup>

Componente	Contenido	Peligro
Hidrosulfito de Sodio	90 – 100 %	Sí

**4.16.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS** <sup>(3,4,7,8)</sup>

Tabla 51. Propiedades físicas para el Hidrosulfito de Sodio

PROPIEDAD	VALOR
<b>Peso Molecular (g/mol)</b>	174,1
<b>Estado Físico</b>	Sólido
<b>Punto de Ebullición (°C) )(760 mmHg)</b>	No reportado
<b>Punto de Fusión (°C)</b>	Descompone a 52
<b>Presión de Vapor (mmHg)</b>	21,75; 20 °C
<b>Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)</b>	No Reportada
<b>Gravedad Específica (Agua = 1)</b>	2,91; 20 °C
<b>Densidad del Vapor (Aire = 1)</b>	3,60
<b>pH</b>	6 – 8; sol 1% 5 – 6; papel húmedo
<b>Solubilidad en Agua</b>	Soluble
<b>Límites de Inflamabilidad (% vol)</b>	No Reportado
<b>Temperatura de Auto Ignición (°C)</b>	No Reportado
<b>Punto de Inflamación (°C)</b>	No Reportado

**4.16.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS**

Las soluciones de Hidrosulfito de Sodio se descomponen a temperaturas superiores a 10 °C según la reacción:



El Hidrosulfito de Sodio destruye sustancias cromóforas (generadoras de color) reduciendo los grupos carbonilos hasta alcoholes y las quinonas a fenoles. Es fácilmente oxidado a Sulfito y sulfato. La solución se descompone a elevadas temperaturas a Tiosulfato, Sulfito, Acido sulfhídrico o azufre; los productos de descomposición que se

puedan generar depende del pH. Iones de metales pesados actúan como catalizadores incrementando la velocidad de descomposición, por esto deben ser tratados con agentes quelantes <sup>(1)</sup>.

#### 4.16.1.5.1 Incompatibilidades

Arde espontáneamente en contacto con humedad y aire. Se descompone violentamente al calentarse a 190 °C. Ocurre descomposición no violenta en presencia de agua y Acidos. Reacciona violentamente con oxidantes. Por combustión y descomposición produce humos tóxicos como Dióxido de azufre y óxido de Sodio, además produce oxígeno que alimenta la combustión. En contacto con agua produce Acido Sulfuroso <sup>(3, 4, 5)</sup>.

Se pueden presentar explosiones si se mezcla con aluminio en polvo, Carbonato de Potasio y benzaldehído. Reacciona fuertemente en presencia de Acidos fuertes. Reacciona con agua, aire húmedo, materiales combustibles, agentes fuertemente oxidantes, cloruro de Sodio y fuentes de ignición como llamas, calor y cortos circuitos <sup>(3, 4, 5)</sup>.

### 4.16.2 PRODUCCION APLICACIONES Y USOS

#### 4.16.2.1 PRODUCCION

Existen tres procesos comerciales para la producción de Hidrosulfito de Sodio y en todos ellos se parte de Dióxido de azufre como materia prima. El primero de ellos consiste en la reacción de una amalgama de Sodio con Dióxido de azufre. El segundo proceso se basa en la reacción del formato de Sodio con Dióxido de azufre. El último de los procesos se lleva a cabo en fase acuosa e implica la reacción de una solución alcalina de borohidruro de Sodio, bisulfito de Sodio y Dióxido de azufre <sup>(1)</sup>.

#### 4.16.2.2 APLICACIONES Y USOS

El Hidrosulfito de Sodio se usa principalmente como agente blanqueador en la industria textil, del papel, de alimentos, de arcillas de kaolin, jabón, aceites y minerales. Además se utiliza como depurador de oxígeno en cauchos, en el tratamiento de aguas, procesamiento de cuero y purificación de gases <sup>(1, 3, 8)</sup>.

### 4.16.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

#### Frases de Riesgo <sup>(6)</sup>

**R 22:** Nocivo si se ingiere

**R 31:** En contacto con Acidos libera gas toxico

**R 7:** Puede provocar llamas

Esta es una sustancia nociva para el organismo si se ingiere o inhala. Causa irritación de la piel, ojos y tracto respiratorio.

#### 4.16.3.1 INHALACION

La inhalación de polvo de Hidrosulfito de Sodio puede causar irritación severa de las membranas mucosas y tracto respiratorio superior. Los síntomas pueden incluir sensación ardor, tos, jadeo, laringitis, fatiga olfativa, falta de respiración, dolor de cabeza, náuseas y vómitos. Exposición a altas concentraciones pueden causar daño pulmonar. Exposiciones mayores pueden causar acumulación de fluidos en los pulmones (edema pulmonar) <sup>(3, 5, 6)</sup>.

#### 4.16.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS

El contacto de Hidrosulfito de Sodio con la piel causa irritación, sensación de quemadura y reacción alérgica. Exposición a concentraciones altas o prolongadas puede causar quemaduras. El contacto con los ojos causa irritación, enrojecimiento, lagrimación, visión borrosa, sensibilidad a la luz, dolor y conjuntivitis, puede causar quemaduras y posible daño de la cornea <sup>(3, 4, 5, 7)</sup>.

#### 4.16.3.3 INGESTION

La ingestión de Hidrosulfito de Sodio causa irritación de las membranas mucosas, dolor abdominal, náusea, vómito, contracción espasmódica del intestino y el estómago, diarrea, incremento de la salivación, coloración azul de piel

(cianosis) causada por colapso cardiovascular, disturbios del sistema nervioso central reflejado en depresión, irritabilidad e intranquilidad, convulsión y la muerte<sup>(3,4,5,7)</sup>.

#### 4.16.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

La exposición prolongada de la piel a Hidrosulfito de Sodio puede producir reacciones alérgicas e inflamación aguda o crónica de piel (dermatitis)<sup>(3)</sup>.

#### 4.16.3.5 EFECTOS SISTEMICOS

La exposición a Hidrosulfito de Sodio afecta principalmente al sistema nervioso central

### 4.16.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA

DL<sub>50</sub> (oral, ratas): 1500 mg/kg<sup>(7)</sup>

#### 4.16.4.1 CANCER

El Hidrosulfito de Sodio no se ha clasificado por la IARC (International Agency for Research on Cancer) como sustancia cancerígena para humanos<sup>(4)</sup>.

### 4.16.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

#### 4.16.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

##### 4.16.5.1.1 Exposición en ojos

Lavar inmediatamente con abundante agua mínimo durante 15 minutos o hasta que la irritación desaparezca, levantando ocasionalmente los párpados superior e inferior para asegurar la remoción del químico. No se deben usar lentes de contacto cuando se trabaja con esta sustancia. Solicitar atención médica inmediata<sup>(3,7)</sup>.

##### 4.16.5.1.2 Exposición en la piel

Lavar inmediata y completamente el área contaminada con abundante agua y jabón mínimo durante 15 minutos o hasta que desaparezca la irritación. Retirar la ropa y el calzado contaminados. Lavar la ropa y limpiar el calzado contaminado antes de usarlos nuevamente. Solicitar atención médica<sup>(3,4,5)</sup>.

##### 4.16.5.1.3 Inhalación

La víctima se debe ubicar rápidamente en lugares donde se tenga acceso al aire fresco. Si la víctima no respira suministrar respiración artificial evitando el contacto del rescatista con el Hidrosulfito que pueda estar presente en las vías respiratorias, si la persona respira con dificultad o presenta tonalidad azul en los labios o la piel (cianosis), suministrar oxígeno de un respirador. Mantener a la víctima en posición confortable, abrigada y en reposo hasta que se recupere. En caso de paro cardíaco suministrar masaje cardíaco. Solicitar atención médica inmediata<sup>(3,6,7)</sup>.

##### 4.16.5.1.4 Ingestión

No se debe inducir el vomito debido al riesgo de broncoaspiración. Si la víctima está consciente enjuagar la boca con agua, si esta alerta suministrar abundante agua o leche. Nunca suministrar nada por la boca a una persona inconsciente. Suministrar atención médica inmediata<sup>(3,6)</sup>.

##### 4.16.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

Para situaciones de emergencia, se deben usar respirador de presión positiva o de demanda de presión y que posea cubrimiento completo de la cara. Se debe usar también un traje totalmente hermético <sup>(6)</sup>.

#### 4.16.5.2 INCENDIOS

El Hidrosulfito de Sodio es un sólido inflamable que se calienta espontáneamente cuando entra en contacto con aire y humedad. Puede arder en presencia de materiales combustibles o clorito de Sodio, no necesita de aire para incendiarse. Forma llamas cuando se expone al calor o fuentes de ignición. Reacciona violentamente con agua. No existe riesgo de explosión pero puede ocurrir si se mezcla con aluminio en polvo, Carbonato de Potasio y benzaldehído. Se descompone violentamente cuando se calienta a 190 °C. Puede encenderse nuevamente después que al fuego se ha extinguido. Se quema rápidamente asemejando el efecto de una bengala. Por descomposición térmica o combustión durante un incendio se forman gases irritantes y tóxicos como el Dióxido de azufre, así como oxígeno, que mantiene la combustión reduciendo la efectividad de los extintores <sup>(3, 5, 6, 10)</sup>.

En caso que un tanque, vagón o carrotanque con Hidrosulfito de Sodio se encuentre involucrado en un incendio se debe aislar el área 800 metros a la redonda y atacar el fuego desde una distancia segura o utilizar soportes fijos para mangueras o chiflones reguladores. Mover los contenedores del área de incendio si se puede hacer sin ningún riesgo. Enfriar los contenedores con chorros de agua hasta mucho después que el fuego se haya extinguido. No introducir agua en los contenedores, no permitir que el agua entre en contacto con la sustancia. Retirarse inmediatamente si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad de las ventilas, o si el tanque se empieza a decolorar. Siempre mantenerse alejado de tanques involucrados en un incendio <sup>(3, 5, 6, 9, 10)</sup>.

No usar agua, Dióxido de carbono, o espuma directamente sobre la llama o el material. Para incendios grandes usar arena seca, polvo químico seco, Carbonato de Sodio, cal o evacuar el área y permitir que se queme. Para incendios pequeños usar polvo químico seco, Carbonato de Sodio, cal o arena seca. Evitar el uso de agua a menos que existan grandes cantidades para inundar y detener la reacción, ahogar o rociar el material no extinguirá el fuego <sup>(3, 5, 6, 10)</sup>.

#### 4.16.5.3 PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

Aislar el área del derrame o fuga inmediatamente a por lo menos 100 ó 150 metros a la redonda. Eliminar todas las fuentes de ignición (calor, chispas, llamas abiertas, no fumar, no usar bengalas etc.). Ventilar el área del derrame. Permanecer en la dirección del viento y alejado de las áreas bajas. Personas no vestidas apropiadamente deben ser excluidas de las áreas de derrame hasta que la limpieza halla sido completada. Detener la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo. Mantener alejado de agua o humedad. No tocar ni caminar sobre el material derramado. Recoger el material de manera que no se disperse polvo en el aire. No utilizar herramientas o equipos que produzcan chispas. Trasladar el material derramado a un contenedor limpio, seco y cerrado para su posterior disposición. Lavar el área con abundante agua <sup>(3, 4, 5, 9)</sup>.

#### 4.16.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 2ppm (5,2mg/m<sup>3</sup>) (Fecha de estudio no reportada) <sup>(7)</sup>

**STEL (TWA; 15 minutos; OSHA):** 5ppm (13mg/m<sup>3</sup>) (Fecha de estudio no reportada) <sup>(7)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.16.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(4, 5)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes preferiblemente de neopreno, botas, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir contacto repetido o prolongado de la piel con Hidrosulfito de Sodio.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Hidrosulfito de Sodio se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa no impermeable que se humedezca con Hidrosulfito de Sodio se debe remover inmediatamente y no se debe usar hasta que el Hidrosulfito de Sodio sea removido por completo por medio de operaciones de lavado.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad aprueba de químicos y/o barreras

faciales, donde exista alguna posibilidad que Hidrosulfito de Sodio en polvo o en solución entre en contacto con los ojos.

- Donde exista alguna posibilidad que Hidrosulfito de Sodio entre en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lavajojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

#### 4.16.7.1 PROTECCION RESPIRATORIO <sup>(4,9)</sup>

Se debe usar equipo de protección respiratoria (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación <sup>(5,6)</sup>.

**Tabla 52. Protección respiratoria mínima para Hidrosulfito de Sodio en el aire**

Condición	Protección Respiratoria
Concentraciones desconocidas	Dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa operada en demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Lucha contra incendios	Dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier dispositivo de respiración autocontenido específico para evacuaciones

#### 4.16.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

##### 4.16.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

**S26:** En caso de contacto con los ojos enjuagar inmediatamente con cantidades abundantes de agua y solicitar atención.

**S43:** En caso de incendio utilizar... (los medios de extinción los debe especificar el fabricante). (si el agua aumenta el riesgo se debe añadir no usar agua)

**S7/8:** Manténgase el recipiente bien cerrado y en un lugar seco

**S28:** En caso de contacto con la piel lávese inmediata y abundantemente con... (productos a especificar por el fabricante)

##### 4.16.8.2 ALMACENAMIENTO

El Hidrosulfito de Sodio es estable cuando se almacene a temperatura ambiente y en contenedores herméticamente cerrados. Almacenar en un lugar fresco, seco, ventilado y lejos la luz solar directa, fuentes de ignición, humedad, oxidantes, Acidos o material combustible. Proteger los contenedores del daño físico, no presurizar, cortar, taladrar, soldar, pulir o exponer al calor, chispas, llamas, electricidad estática u otra fuente ignición para evitar el peligro de explosión. La disponibilidad de diversos tamaños de empaque permite escoger el más apropiado para minimizar exposición innecesaria al aire. El material de construcción debe ser resistente al fuego. Apropiado almacenamiento y manejo pueden reducir en gran parte el peligro de incendio. Lavar las manos con agua y jabón antes de beber, comer, fumar o usar el baño. Evitar la contaminación de fuentes de agua. No descargar dentro del drenaje o sistemas de agua <sup>(3,4,5,6,7,8)</sup>.

#### 4.16.9 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

No se encontró información referente a los efectos o al comportamiento que el Hidrosulfito de Sodio puede tener en el medio ambiente.

#### 4.16.10 ECOTOXICIDAD<sup>(11)</sup>

El Hidrosulfito de Sodio es peligroso para la vida acuática. Evitar la contaminación de fuentes de agua<sup>(11)</sup>.

*Leuciscus idus* DL<sub>50</sub>: 10 – 100 mg/l / 96 horas

*Daphnia magna* EC<sub>50</sub>: 10 – 100 mg/l / 48 horas

*Algae* IC<sub>50</sub>: > 100 mg/l / 72 horas

#### 4.16.11 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

En caso de no poder recuperar o reciclar el Hidrosulfito de Sodio debe ser manejado como un residuo peligroso y debe ser enviado a un relleno de seguridad aprobado. Los contenedores que contengan residuos de producto deben ser tratados como residuos peligrosos<sup>(6,7)</sup>.

#### 4.16.12 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman´s Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 4; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Kirck & Othmer; Enciclopedia of Chemical Technology; Interscience Publishers; Jhon Wiley & Sons, Inc.; Volumen 4; New York, USA, 1996.
3. Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). Software Dataquim. Hoja de Datos de Seguridad, Ditionito de Sodio. Ultima actualización 2003. Bogota, Colombia.
4. Guangdong Zhongcheng Chemicals Co. ltda. Products. Material Safety Data Sheet, Sodium Hydrosulfite [en línea]. Agosto de 1994, [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en <http://members.aol.com/zhongcheng/msds.htm>
5. Analytyca. Material Safety Data Sheet, Sodium Hydrosulfite [en línea]. Fecha de publicación desconocida, [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en <http://www.analytyka.com.mx/tabla%20periodica/MSDS/Na/SODIUM%20HYDROSULFITE.htm>
6. Fisher Scientific. Material Safety Data Sheet, Sodium Hydrosulfite [en línea]. Septiembre de 1997, [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en [http://www.easternct.edu/depts/env\\_saf/Sodium\\_hydrosulfite.html](http://www.easternct.edu/depts/env_saf/Sodium_hydrosulfite.html)
7. Deltrex Chemicals. Material Safety Data Sheet, Sodium Hydrosulfite [en línea]. Noviembre de 1999, [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en <http://www.deltrex.com.au/products/s206.htm>
8. Olin Chlor Alkali Products. Dry Sodium Hydrosulfite From the Hydro Innovators [en línea]. Revisado mayo de 2002, [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en <http://olinhydrosulfite.com/hydrosulfite/dry.asp>
9. Canutec. Guía 135 sustancias espontáneamente combustibles [en línea]. Ultima modificación 2003, [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en [http://www.tc.gc.ca/canutec/erg\\_gmu/search/guide.asp?Guide=135&Lang=SP](http://www.tc.gc.ca/canutec/erg_gmu/search/guide.asp?Guide=135&Lang=SP)
10. EM Science. Material Safety Data Sheet, Sodium Dithionite [en línea]. Enero de 1994, [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en <http://www.rose-hulman.edu/chemistry/000000/000735.pdf>
11. Streck Laboratories. Material Safety Data Sheet, Sodium Hydrosulfite [en línea]. Noviembre de 2002, [citado agosto 6 de 2003]. Disponible en <http://www.streck.com/unknown/1884-0.pdf>

## 4.17

### Hidróxido de sodio

- 4.17.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.17.1.1 SINONIMOS
  - 4.17.1.2 DESCRIPCION
  - 4.17.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.17.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.17.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.17.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.17.2 PRODUCCIÓN APLICACIONES Y USOS
  - 4.17.2.1 PRODUCCION
  - 4.17.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.17.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.17.3.1 INHALACION
  - 4.17.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.17.3.3 INGESTION
  - 4.17.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.17.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.17.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
- 4.17.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.17.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.17.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.17.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.17.5.1.3 Inhalación
    - 4.17.5.1.4 Ingestión
    - 4.17.5.1.5 Rescate
  - 4.17.5.2 INCENDIOS
  - 4.17.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.17.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
- 4.17.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.17.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

4.17.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A  
DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

4.17.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

4.17.8.2 ALMACENAMIENTO

4.17.9 USOS Y CONTROLES

4.17.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

4.17.10.1 SUELO

4.17.10.2 AIRE

4.17.10.3 AGUA

4.17.11 ECOTOXICIDAD

4.17.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

4.17.13 BIBLIOGRAFÍA

**4.17.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA** <sup>(1,4)</sup>**Fórmula Molecular:** NaOH**Estructura Molecular:** Na – O – H**CAS:** 1310-73-2**Número UN:**

UN 1823 (Sólido)

UN 1824 (Solución)

**Riesgo Principal UN:** 8 (Solución)**4.17.1.1 SINÓNIMOS**Se reconoce por otros nombres como Soda Cáustica, Lejía, Lejía de Soda e Hidrato de Sodio <sup>(1,2,4,5,6,7)</sup>.**4.17.1.2 DESCRIPCIÓN**

A temperatura ambiente el Hidróxido de Sodio es un sólido cristalino, blanco, sin olor y que absorbe rápidamente Dióxido de carbono y humedad del aire (delicuescente). Es una sustancia muy corrosiva. Cuando se disuelve en agua o cuando se neutraliza con algún ácido libera gran cantidad de calor, el cual puede ser suficiente para hacer que material combustible en contacto con el hidróxido haga ignición. Se usa generalmente como solución del 50% en peso o como sólido que se comercializa como pellets, hojuelas, barras y tortas <sup>(1,2,3)</sup>.

Es una sustancia exclusivamente producida por el hombre y por tal razón no se encuentra en la naturaleza en su estado normal <sup>(1,3)</sup>.

**4.17.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES****Hidróxido de Sodio Sólido** <sup>(9)</sup>

Componente	Contenido	Peligroso
Hidróxido de Sodio	99 – 100%	Sí

**Hidróxido de Sodio en Solución Acuosa** <sup>(8)</sup>

Componente	Contenido	Peligroso
Hidróxido de Sodio	10 – 60%	Sí
Agua	40 – 90%	No

**4.17.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS** <sup>(1,3,4)</sup>

Tabla 53. Propiedades físicas para el Hidróxido de Sodio

PROPIEDAD	VALOR
<b>Peso Molecular (g/mol)</b>	40,0
<b>Estado Físico</b>	Sólido
<b>Punto de Ebullición (°C) )(760 mmHg)</b>	1.390; puro 105; solución acuosa 6% en peso 120; solución acuosa 34% peso 150; solución acuosa 55% en peso
<b>Punto de Fusión (°C)</b>	318; puro
<b>Presión de Vapor (mmHg)</b>	0; puro

**Tabla 53. Propiedades físicas para el Hidróxido de Sodio (continuación)**

PROPIEDAD	VALOR
<b>Gravedad Específica (Agua = 1)</b>	2,13; puro 1.219; 20% solución acuosa 1.430; 40% solución acuosa 1.525; 50% solución acuosa
<b>Densidad del Vapor (Aire = 1)</b>	No Aplica
<b>PH</b>	14; Solución 5%
<b>Límites de Inflamabilidad (%)</b>	No Aplica
<b>Punto de Auto Inflamación</b>	No Aplica
<b>Solubilidad en Agua (g/ml)</b>	1,11

#### 4.17.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Hidróxido de Sodio es una base fuerte, se disuelve con facilidad en agua generando gran cantidad de calor y disociándose por completo en sus iones, es también muy soluble en Etanol y Metanol. Reacciona con ácidos (también generando calor), compuestos orgánicos halogenados y con metales como el Aluminio, Estaño y Zinc generando Hidrógeno, que es un gas combustible altamente explosivo <sup>(1, 3, 4)</sup>.

El Hidróxido de Sodio es corrosivo para muchos metales. Reacciona con sales de amonio generando peligro de producción de fuego, ataca algunas formas de plástico, caucho y recubrimientos <sup>(1, 3, 4)</sup>.

El Hidróxido de Sodio Anhidro reacciona lentamente con muchas sustancias, si embargo la velocidad de reacción aumenta en gran medida con incrementos de temperatura. Los metales más nobles como el Níquel, Hidróxido de Sodio Plata y Oro son atacados solo a altas temperaturas y en atmósferas oxidantes <sup>(1)</sup>.

En presencia de la humedad del ambiente, el hidróxido de sodio reacciona con el Dióxido de Carbono para generar Carbonato de Sodio. Reacciona con el Monóxido de Carbono bajo presión para dar formato de Sodio, también en presencia de humedad <sup>(1, 7)</sup>.

La hidratación paulatina del Hidróxido de Sodio genera seis diferentes hidratos: NaOH.H<sub>2</sub>O, NaOH.2H<sub>2</sub>O, NaOH.3,5H<sub>2</sub>O, NaOH.4H<sub>2</sub>O, NaOH.5H<sub>2</sub>O, NaOH.7H<sub>2</sub>O. La gran afinidad del Hidróxido de Sodio por el agua causa una reducción en la presión de vapor del agua y por tal razón es un muy buen agente secante <sup>(1)</sup>.

##### 4.17.1.5.1 Incompatibilidades <sup>(3, 4)</sup>

Es incompatible con ácidos y compuestos halogenados orgánicos como el Tricloroetileno. La reacción con Nitrometano u otros compuestos nitro similares produce sales sensibles al impacto. El contacto con metales como Aluminio, Magnesio, Estaño o Zinc puede liberar gas Hidrógeno (inflamable). Reacciona rápidamente con azúcares para producir Monóxido de Carbono. Reacciona con materiales inflamables.

#### 4.17.2 PRODUCCIÓN APLICACIONES Y USOS

##### 4.17.2.1 PRODUCCIÓN

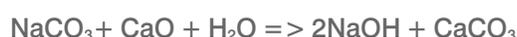
De forma general, el hidróxido de sodio se produce por electrólisis de soluciones acuosas de cloruro de sodio o por la reacción de carbonato de sodio con hidróxido de calcio <sup>(3)</sup>.

La forma más común de producción de hidróxido de sodio es como solución al 50% por electrólisis de cloruro de sodio. En esta reacción se genera hidróxido de sodio, cloro e hidrógeno de acuerdo con la siguiente ecuación:



Por lo común ingresa al proceso una solución de cloruro de sodio del 27%, esta sufre el proceso de electrólisis; la solución resultante se hace pasar por celdas de diafragma, de membrana o de mercurio, según la tecnología instalada. En la celda de diafragma resulta una solución de entre 9% y 12% de NaOH y 18% de NaCl; la solución pasa a concentración por evaporación, donde también se purifica por procedimientos de cristalización fraccionada. La celda de mercurio genera directamente la solución de 50% de concentración; el mercurio se retira por centrifugación y posterior cristalización o por paso a través de un sistema de filtración (cartuchos o platos). Finalmente en la celda de membrana, en la que se evita la mezcla de electrolitos por la presencia de la membrana, se obtiene una solución de 28% a 35% de NaOH que se concentra luego hasta 50% por acción de evaporadores de película descendente. La solución final que se genera por este procedimiento es muy pura <sup>(1)</sup>.

En el proceso de caustización del carbonato de sodio, se mezcla una solución caliente de carbonato de sodio al 12% con una solución de óxido de calcio. En este proceso precipita carbonato de calcio quedando en solución el hidróxido de sodio de acuerdo a la reacción siguiente:



El carbonato de sodio se retira y la solución de hidróxido de sodio al 12% remanente se introduce en una serie de operaciones de evaporación y concentración <sup>(1)</sup>.

Otro tipo de proceso de producción de hidróxido de sodio consiste en la combinación del proceso de electrólisis con celdas de diálisis. Se usa en el tratamiento de aguas residuales que contienen sales de sodio para minimizar las concentraciones de estas sustancias en los vertimientos. La materia prima consiste en sales inorgánicas de sodio que por acción del conjunto de operaciones se transforman en hidróxido de sodio y en el ácido correspondiente al anión de la sal sódica como se muestra en la reacción del siguiente ejemplo:



El equipo de operación en este procedimiento consiste de series de celdas electrolíticas separadas entre sí por membranas de intercambio iónico catiónicas, aniónicas y bipolares. Se obtiene una solución de entre 15% y 30% que contiene aún restos de las sales iniciales <sup>(1)</sup>.

Para producir hidróxido de sodio sólido se parte de la solución de la misma concentración comercial (50%) realizando inicialmente una evaporación al vacío para preconcentrar la solución hasta un 60%. La solución anterior se concentra hasta alrededor de un 99% usando un evaporador de película descendente y como medio calefactor una sal fundida de  $\text{NaNO}_2$  -  $\text{NaNO}_3$  -  $\text{KNO}_3$  que maneja temperaturas mayores de 400 °C. en seguida el producto se introduce en un evaporador flash con ayuda de una tubería con calefacción. El NaOH fundido se enfría y se pasa a formado luego de su solidificación y de otros pasos preventivos <sup>(1)</sup>.

#### 4.17.2.2 APLICACIONES Y USOS

Normalmente las aplicaciones del hidróxido de sodio requieren de soluciones diluidas. Se usa en la manufactura de jabones y detergentes, papel, explosivos pigmentos y productos del petróleo y en la industria química en general. Se usa también en el procesamiento de fibras de algodón, en electroplateado, en limpieza de metales, recubrimientos óxidos, extracción electrolítica y como agente de ajuste de pH. Se presenta también en forma comercial en limpiadores para estufas y drenajes. En la industria de alimentos tiene importancia en los procesos de pelado químico <sup>(2,3,7)</sup>.

Todo el hidróxido de sodio consumido puede clasificarse en las siguientes aplicaciones <sup>(1)</sup>:

En la industria química inorgánica se usa en la manufactura de sales de sodio, para la digestión alcalina de minerales metálicos y en la regulación de pH.

En aplicaciones industriales de química orgánica se emplea en reacciones de saponificación, producción de intermedios nucleofílicos aniónicos, en reacciones de esterificación y eterificación en la catálisis básica.

En la industria de papel se usa para el cocido de la madera en la operación de eliminación de lignina. En la industria textil se usa en la producción de fibras de viscosa. Además se usa en el tratamiento de fibras de algodón para mejorar sus propiedades. La industria de los detergentes lo usa para la producción de fosfato de sodio y para procesos de sulfonación en medio básico. En la jabonería se usa para la saponificación de grasas y sebos. En la producción de aluminio se usa para el tratamiento de la bauxita. En tratamiento de aguas residuales y purificación de agua de proceso se emplea para regenerar resinas de intercambio iónico.

Además de las industrias anteriores, el hidróxido de sodio tiene aplicaciones en el electroplateado, en la industria del petróleo y del gas natural, en la manufactura de vidrio, en la industria de los alimentos, la limpieza y otros.

### 4.17.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

#### **Frases de Riesgo** <sup>(5)</sup>

#### **Hidróxido de Sodio**

**R35:** Provoca quemaduras graves

#### **Solución de Hidróxido de Sodio Concentración mayor o igual al 5%**

**R35:** Provoca quemaduras graves

#### **Solución de Hidróxido de Sodio Concentración mayor o igual al 2% y menor al 5%**

**R34:** Provoca quemaduras

#### **Solución de Hidróxido de Sodio Concentración mayor o igual al 0.5% y menor al 2%**

**R36/38:** Irrita los ojos y la piel

El hidróxido de sodio es una sustancia muy corrosiva y causa quemaduras severas en todos los tejidos con los que entra en contacto. Tanto las soluciones concentradas de este material como su estado sólido producen dolor inmediato por contacto con cualquier parte del cuerpo <sup>(2,3)</sup>.

Su acción irritante obedece a que reacciona con las proteínas de los tejidos vivos con los que entra en contacto y produce su rompimiento por efectos de hidrólisis.

Las soluciones débiles de Hidróxido de Sodio no generan dolor por contacto con los tejidos sino hasta después de varias horas de exposición sin haber retirado la solución del tejido en cuestión, pero aún las soluciones débiles son capaces de producir quemaduras si no se retiran de la parte afectada <sup>(3)</sup>.

Una exposición simple y pequeña de la que una persona se recupera satisfactoriamente no posee efectos retardados o a largo plazo sobre la persona. Luego de una exposición seria a grandes cantidades de esta sustancia sobre la piel se pueden producir daños tales que sea necesario efectuar procedimientos de trasplante de piel. En algunos casos, si el daño sobre la piel es muy severo, se puede producir la muerte de la persona afectada <sup>(2,3)</sup>.

La exposición aguda a nieblas de Hidróxido de Sodio puede generar daños permanentes en los pulmones. A nivel ocular puede producir ceguera permanente. Por ingestión de soluciones concentradas se generan daños a nivel de boca, garganta y esófago, donde puede ocasionar daños permanentes y dificultades para tragar; si la cantidad y concentración son lo suficientemente altas, puede provocar la muerte <sup>(3)</sup>.

Al manejar esta sustancia se debe tener presente que al realizar diluciones en agua desde cualquier estado de concentración del hidróxido se produce generación de calor. Si la solución de partida es muy concentrada o se parte de Hidróxido de Sodio Anhidro el calor generado puede dar pie para iniciar la reacción de otras sustancias explosivas cercanas. No se debe nunca agregar agua a hidróxido de sodio sólido pues reacciona violentamente provocando salpicaduras cáusticas y una alta evolución de calor.

#### 4.17.3.1 INHALACIÓN

La inhalación puede darse por lo general en plantas industriales y de transformación química donde se trabaja con esta sustancia. Su presencia en el aire puede incluir nieblas, partículas sólidas de tamaño pequeño o aerosoles.

El Hidróxido de Sodio es inodoro y por tal motivo su olor no brinda una medida de su peligrosidad en altas concentraciones <sup>(3)</sup>.

Exposiciones moderadas cortas a Hidróxido de Sodio (< 2 mg/m<sup>3</sup>) en forma de nieblas, polvo o aerosol generan irritación de las membranas mucosas de la nariz, garganta y tracto respiratorio. Por lo general trabajadores expuestos de manera prolongada a estos niveles de concentración desarrollan resistencia a los efectos que producen la irritación. Exposiciones agudas (> 3 mg/m<sup>3</sup>) dan lugar a irritación inmediata del tracto respiratorio, produciendo hinchamiento o espasmos de laringe y generando posteriormente a obstrucción de las vías de aire superiores y asfixia. Puede ocurrir también inflamación y acumulación de fluido en los pulmones <sup>(2, 3, 4, 7)</sup>.

Niños expuestos a niveles de Hidróxido de Sodio similares a los cuales están expuestos los adultos presentan mayor riesgo por causa de su menor diámetro en las vías respiratorias y por lo tanto mayor posibilidad de llegar hasta cuadros de asfixia. También a causa de su bajo tamaño son más propensos a entrar en contacto con nieblas, polvos o aerosoles de Hidróxido de Sodio que por lo general se acumulan en mayor concentración en alturas cercanas al piso. Personas que padecen de asma o enfisema son más susceptibles a la toxicidad inherente de esta sustancia <sup>(2, 3)</sup>.

#### 4.17.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS

La exposición a soluciones de Hidróxido de Sodio en la piel es una forma común de entrar en contacto con esta sustancia. Tanto en el hogar como en la industria, pequeñas cantidades se usan como destapadores de cañerías y como limpiadores de estufas y hornos; así que el uso descuidado de este tipo de productos puede conducir a lesiones de diferentes grados <sup>(3)</sup>. En el trabajo de laboratorio donde el hidróxido de sodio se usa como reactivo con diferentes fines existe una alta posibilidad de contacto a diferentes concentraciones de la solución.

El contacto de la piel con soluciones de Hidróxido de Sodio de concentraciones mayores al 25% provoca irritación inmediata, mientras que en el contacto con soluciones de concentraciones menores o iguales al 4% la irritación no se presenta sino hasta varias horas después si la solución no se ha retirado de la piel o no se ha lavado la zona afectada. El contacto agudo con Hidróxido de Sodio sólido o en concentraciones altas (>50%) por períodos de tiempo de alrededor de 3 minutos causa quemaduras muy severas y ulceraciones profundas en la piel. Para los niños se presenta mayor grado de afectación a sustancias tóxicas de forma cutánea que para los adultos debido a la mayor relación de área de su piel en relación a su peso corporal <sup>(2, 3, 4)</sup>.

En los ojos se generan irritaciones a casi cualquier nivel de concentración pero el grado de daño no se puede calcular con alguna certeza sino hasta el transcurso de unas 72 horas. La exposición en los ojos puede producir acumulación de fluido y coágulos de vasos sanguíneos de forma difusa o localizada. En la cornea puede producirse ablandamientos y ulceraciones, las que pueden seguir desarrollándose por varios días después del contacto.

Los daños más severos, causados por la hidrólisis de las proteínas en los ojos, pueden producir ceguera, glaucoma u opacidad ocular (cataratas)<sup>(2,3,4,7)</sup>.

#### **4.17.3.3 INGESTIÓN**

Esta es una vía poco común de contacto con soluciones de hidróxido de sodio pero puede presentarse deliberadamente en casos de intento de suicidio.

De forma instantánea por la ingestión de Hidróxido de Sodio en concentraciones altas o en forma sólida provoca daños severos de tipo corrosivo en los labios, lengua, mucosa oral, esófago y estómago; pudiendo general perforaciones, hemorragias u obstrucción del tracto gastrointestinal. Puede producir vómito espontáneo, dolor en el pecho y en el abdomen, y dificultad para tragar. Las muertes reportadas por este tipo de exposición se dan a causa de shock, infección de los tejidos corroídos y daños en el pulmón. El grado de daño al tracto intestinal no esta claro del todo sino hasta después de varias horas de la ingestión<sup>(2,3,4)</sup>.

#### **4.17.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

La exposición prolongada a Hidróxido de Sodio en el aire puede provocar ulceración de las fosas nasales e irritación crónica de la piel, las secuelas de una exposición crónica incluyen voz ronca y síndrome de disfunción reactiva de las vías respiratorias, que es un tipo de asma generado por irritación<sup>(3)</sup>.

#### **4.17.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

No se encontraron estudios referidos a la presencia de efectos sistémicos por inhalación, ingestión o contacto con la piel de nieblas, soluciones o partículas de hidróxido de sodio.

### **4.17.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA<sup>(9)</sup>**

DL<sub>50</sub> (oral, ratas, Hidróxido de Sodio Acuoso 50%): 40 mg/kg

Esta sustancia no se ha clasificado como cancerígena para humanos en ninguna de las instituciones consultadas para este efecto (NIOSH, OSHA, EPA, IARC). Tampoco presenta efectos adversos mutagénicos o teratogénicos reportados. Se han reportado casos de cáncer en el esófago y en la piel luego de varios años de exposición a soluciones concentradas de Hidróxido de Sodio, pero la causa directa se asocia con la degeneración de los tejidos de localización de las quemaduras cáusticas más que por la acción de la sustancia<sup>(3)</sup>.

### **4.17.5 RESPUESTA A ACCIDENTES**

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

#### **4.17.5.1 PRIMEROS AUXILIOS**

Los casos de quemaduras de alguna seriedad requieren asistencia médica en centros hospitalarios. Las personas expuestas se deben retirar de la zona de peligro de la manera más rápida y segura posible si el peligro es persistente. De lo contrario, los procedimientos de los primeros auxilios deben primar. El proceso de descontaminación de las víctimas es crítico por la rapidez de acción de la sustancia<sup>(2)</sup>. Por el carácter de la toxicidad del Hidróxido de Sodio no existen antídotos contra él. El tratamiento consiste en soporte respiratorio y cardiovascular<sup>(3)</sup>.

##### **4.17.5.1.1 Exposición en Ojos**

Para exposición en los ojos de soluciones de cualquier concentración de Hidróxido de Sodio, estos se deben lavar con agua en abundancia por lo menos durante 30 minutos. El lavado se debe realizar levantando ocasionalmente los párpados para retirar cualquier acumulación en estas superficies. Los lentes de contacto se deben retirar de los ojos si este procedimiento puede llevarse a cabo sin generar traumas adicionales en los

ojos. Si no se retiran, el hidróxido de sodio atrapado en sus cavidades continuará provocando daños en los ojos. Si la herida es severa, se debe continuar con los lavados oculares hasta que la víctima reciba atención médica <sup>(2, 3, 4, 7)</sup>.

#### 4.17.5.1.2 Exposición en la Piel

La ropa contaminada con Hidróxido de Sodio debe ser retirada inmediatamente y las áreas expuestas de la piel deben ser lavadas con gran cantidad de agua durante por lo menos 15 minutos. Si la exposición ha comprometido la ropa de la víctima, la ropa se debe retirar de forma inmediata y la piel se debe lavar con agua en abundancia <sup>(2, 3, 4, 7)</sup>.

#### 4.17.5.1.3 Inhalación

Cuando se inhalan nieblas o aerosoles de hidróxido de sodio, la víctima se debe retirar de la exposición de la forma más segura tanto para ella como para la persona que está prestando la asistencia. La víctima se debe ubicar en un lugar con aire fresco. Si la víctima no está respirando o está respirando con muchos esfuerzo y en el lugar de la emergencia existen medios para la administración de oxígeno de un respirador, este procedimiento debe realizarse hasta la llegada del personal de atención especializado. En casos donde se tenga a la mano el inhalador de oxígeno, también puede administrarse el procedimiento de respiración artificial <sup>(2, 3, 4, 7)</sup>.

#### 4.17.5.1.4 Ingestión

En caso de ingestión, no se debe intentar neutralizar los contenidos del estómago con sustancias o soluciones ácidas ni provocar vómito. El primer procedimiento es el enjuague de la boca con grandes cantidades de agua. Las víctimas que se encuentren conscientes y posibilitadas para la ingestión por vía oral deben tomar de 1 a 2 tazas de agua o leche para diluir la sustancia en el estómago. No se debe administrar nada por vía oral a víctimas inconscientes. Siempre se debe remitir a la víctima por atención médica <sup>(2, 3, 4, 7)</sup>.

#### 4.17.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, deben aprenderse los procedimientos de emergencia de la instalación y conocerse la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad <sup>(2, 4, 7)</sup>.

El personal que vaya a efectuar el rescate de víctimas en zonas con presencia de hidróxido de sodio en la atmósfera debe estar protegido con respiradores de presión positiva que cubran todo el rostro. Se recomienda el uso de guantes de caucho y ropa impermeable <sup>(7)</sup>.

### 4.17.5.2 INCENDIOS

Todos los tipos de agentes de extinción son aplicables al control de incendios de esta sustancia <sup>(4)</sup>.

### 4.17.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

Siempre que existan derrames de soluciones concentradas de Hidróxido de Sodio se den efectuar los siguientes pasos <sup>(7)</sup>:

- Ventilar el área de derrame
- Diluir con agua y neutralizar con Ácido Clorhídrico 6 molar

En casos en donde se derrame Hidróxido de Sodio sólido, éste se debe recoger barriendo sin adicionar agua directamente. Antes de tomar la decisión de disponer del material derramado como un residuo peligroso, se debe evaluar el grado de impurezas presente y las necesidades del proceso para considerar su reutilización.

Aquellas personas que no porten el equipo de protección necesario deben ser retiradas de las áreas de derrame o fuga hasta que se hallan completado los procedimientos de descontaminación.

NaOH

Hidróxido de sodio

#### 4.17.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 2 mg/m<sup>3</sup> (2000)<sup>(4, 6)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 2 mg/m<sup>3</sup> (1993)<sup>(3, 4, 6)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 2 mg/m<sup>3</sup> (1993)<sup>(4, 6)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 10 mg/m<sup>3</sup> (2002)<sup>(2)</sup>

**Aditivo para alimentos (FDA):** niveles no mayores al 1% (2003)<sup>(2)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la Vida y la Salud).

#### 4.17.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL<sup>(7)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas, y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto con la piel de hidróxido de sodio sólido o de soluciones acuosas que contengan hidróxido de sodio.
- Si la ropa de los empleados se contamina con Hidróxido de Sodio en forma sólida, los empleados se deben cambiar de ropa antes de dejar el lugar de trabajo.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a soluciones de hidróxido de sodio o a Hidróxido de Sodio sólido, deben proveerse instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa no impermeable que se contamine con hidróxido de sodio debe ser removida inmediatamente y no se debe usar hasta que el hidróxido de sodio sea removido por completo.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que soluciones o nieblas de hidróxido de sodio entren en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que soluciones de hidróxido de sodio entre en contacto con los ojos de los trabajadores, debe proveerse una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

##### 4.17.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Se debe usar equipo de protección respiratoria (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 54. Protección respiratoria mínima para Hidróxido de Sodio en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 5 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)
Concentración de las partículas de hasta 100 ppm	Un respirador de filtro de partículas de alta eficiencia con pieza facial completa. Cualquier respirador de aire con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración auto contenido con pieza facial completa.
Concentración de las partículas de hasta 200 mg/m <sup>3</sup>	Un respirador de purificación de aire con pieza facial completa y filtro de partículas de alta eficiencia. Un combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión o algún otro tipo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración auto contenido operado en modo de demanda de presión u otro tipo de presión positiva.

**Tabla 54. Protección respiratoria mínima para Hidróxido de Sodio en el aire (continuación)**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 5 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)
Concentración de las partículas mayor de 200 mg/m <sup>3</sup> o concentraciones desconocidas	Aparato de respiración auto contenido con careta completa operado en modo de demanda de presión u otro tipo de presión positiva. Un combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión o algún otro tipo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración auto contenido operando en modo de demanda de presión u otro tipo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Aparato de respiración auto contenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro tipo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier máscara de gases que provea protección contra hidróxido de sodio. Cualquier aparato de respiración auto contenido para evacuación.

Tomado de "OSHA; Occupational Health Guideline for Sodium Hydroxide"(7)

#### 4.17.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con hidróxido de sodio, los individuos deben ser entrenados en su manejo y almacenamiento. Además deben estar entrenados en el uso del equipo de protección personal.

Debido a la posibilidad de generación de hidrógeno inflamable y combustible por el contacto del hidróxido de sodio con algunos metales, debe prohibirse fumar en zonas de almacenamiento, manejo o procesamiento de sustancias. En las mismas zonas, deben revisarse las líneas de conducción eléctrica para garantizar ausencia de cortos que puedan ocasionar chispas y posteriores explosiones e incendio si existe hidrógeno presente producto de la reacción del hidróxido con algunos metales con los que entra en contacto.

Cuando se diluya el hidróxido de sodio, este debe ser siempre agregado al agua en cantidades reducidas. Nunca usar agua caliente o agregar agua al hidróxido. El agua agregada al hidróxido de sodio puede causar ebullición incontrolada y salpicaduras violentas. Cuando se destapen contenedores con este material no usar herramientas que produzcan chispas debido a la posibilidad de existencia de hidrógeno gaseoso. Los contenedores de este material pueden ser peligrosos debido a que retienen residuos de producto.

##### 4.17.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

###### 4.17.8.1.1 Hidróxido de Sodio

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico

**S37/39:** Usense guantes adecuados y protección para los ojos / la cara

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muestre la etiqueta)

###### 4.17.8.1.2 Solución de Hidróxido de Sodio Concentración mayor o igual al 5%

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.

**S27:** Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada

**S37/39:** Usense guantes adecuados y protección para los ojos / la cara

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muestre la etiqueta)

#### 4.17.8.1.3 Solución de Hidróxido de Sodio Concentración mayor o igual al 2% y menor al 5%

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico

**S27:** Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada

**S37/39:** Usense guantes adecuados y protección para los ojos / la cara

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muestre la etiqueta)

#### 4.17.8.1.4 Solución de Hidróxido de Sodio Concentración mayor o igual al 0.5% y menor al 2%

**S2:** Manténgase fuera del alcance de los niños

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico

### 4.17.8.2 ALMACENAMIENTO

El empaque para esta sustancia debe ser de material irrompible. Los empaques que no sean irrompibles deben llevarse a un contenedor irrompible. El hidróxido de sodio no debe ser transportado junto con comidas o alimentos de ninguna índole <sup>(4)</sup>.

En el almacenamiento, el hidróxido de sodio debe estar separado de ácidos fuertes, metales o alimentos. El área debe permanecer seca, con la menor humedad posible y el piso debe ser de concreto resistente a la corrosión. Los contenedores de almacenamiento de hidróxido de sodio sólido deben estar cerrados herméticamente <sup>(4)</sup>.

## 4.17.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES<sup>(7)</sup>

**Tabla 55. Usos, generación y control de emisiones de Hidróxido de Sodio**

Uso / Generación	Control
Usado en la producción de químicos y explosivos; usado como reactivo en laboratorio; usado en el control de pH en la industria de textiles, del papel y en la industria química en general.	Ventilación local, ventilación general de dilución, equipo de protección personal.
Usado en la producción de fibras sintéticas y plásticos.	Ventilación local, ventilación general de dilución, equipo de protección personal.
Usado en la producción y refinación de metales; usado en la refinación de petróleo para remoción de compuestos de azufre; como agente de flotación; en el control de pH.	Ventilación local, ventilación general de dilución, equipo de protección personal.
Usado en la manufactura de jabones y detergentes; como agente de saponificación; usado en la limpieza de metales; usado en agentes de limpieza de hornos y para destapes de drenajes.	Ventilación local, ventilación general de dilución, equipo de protección personal.
Usado en el procesamiento de alimentos y en el pelado químico de frutas y vegetales; usado en la refinación de aceites vegetales.	Ventilación local, ventilación general de dilución, equipo de protección personal.
Usado en la manufactura de vidrio como fuente de óxido de sodio.	Ventilación local, ventilación general de dilución, equipo de protección personal.

## 4.17.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

### 4.17.10.1 SUELO

El hidróxido de sodio liberado en el suelo se separa en sus iones por acción de la humedad y reacciona rápidamente con sustancias ácidas presentes en el suelo. Esta sustancia no se acumula a lo largo de las cadenas alimenticias <sup>(2)</sup>.

### 4.17.10.2 AIRE

Cuando se libera en la atmósfera, el hidróxido de sodio se lava por acción de lluvias y cae en el suelo o en lechos de agua donde se neutraliza. Por acción de vapores ácidos reacciona en el aire y cae con la lluvia en forma de sales no tóxicas <sup>(2)</sup>.

### 4.17.10.3 AGUA

Esta sustancia puede ingresar a vías de agua por acción de desagües industriales que no cumplen con las normas de control ambiental. Es especialmente peligrosa para todos los organismos acuáticos por sus propiedades irritantes <sup>(2)</sup>. Esta sustancia es una base fuerte y en agua, ésta se separa en sus iones constitutivos  $\text{Na}^+$  y  $\text{OH}^-$ , provocando disminución en la acidez del agua con la que entra en contacto. Gracias a sustancias ácidas también presentes en los lechos acuosos de manera natural, el hidróxido de sodio se neutraliza y forma sales normalmente no tóxicas <sup>(2,3)</sup>.

## 4.17.11 ECOTOXICIDAD <sup>(8)</sup>

Toxicidad en Peces

Especie no reportada (peces de agua dulce)  $\text{TL}_m$  (Median Tolerance Limit), 48 horas: 49 mg

## 4.17.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

Cuando sea posible, deben realizarse procedimientos de reciclaje. Consultar al productor acerca de opciones de reciclaje. Los desechos que contengan este material deben tratarse y neutralizarse en una planta de tratamiento de residuos. Como disposición final, esta sustancia previamente neutralizada puede ser enterrada en un relleno sanitario autorizado. En lo posible, los contenedores vacíos deben retornarse al proveedor o deben ser enterrados en un relleno sanitario autorizado. Cuando no pueda recuperarse o reciclarse debe ser tratado como un desecho peligroso y debe ser enviado a instalaciones aprobadas para disposición.

La dilución del hidróxido de sodio en agua y posterior neutralización con ácido clorhídrico hasta pH neutro genera una solución que no es corrosiva y puede ser dispuesta por el drenaje previa verificación de otros parámetros de control ambiental pertinentes <sup>(7)</sup>.

## 4.17.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros: *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 24; Quinta edición completamente revisada; editorial VCH; New York, USA; 1989.*
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *ToxFAQ's for Sodium Hydroxide [en línea].* Abril de 2002 [citado mayo 30 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts178.html>
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Managing Hazardous Materials Incidents, Sodium Hydroxide [en línea].* Fecha de publicación desconocida, actualización 2003 [citado mayo 30 de 2003], Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/IHMHI/mmg178.html>
4. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Internacional Chemical Safety Cards, Sodium Hydroxide [en línea].* Octubre de 2000 [citado mayo 30 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc03/icsc0360.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc03/icsc0360.htm)

NaOH

Hidróxido de sodio

5. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado abril de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
6. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Chemical Sampling Information, Sodium Hydroxide* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualización 2003 [citado mayo 30 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_267700.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_267700.html)
7. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Occupational Health Guideline for Sodium Hydroxide* [en línea]. 1978 [citado mayo 30 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/10565.pdf>
8. Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). *Software Dataquim. Hoja de Datos de Seguridad, Hidróxido de Sodio al 50%*. Última actualización 2003. Bogotá, Colombia.
9. Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). *Software Dataquim. Hoja de Datos de Seguridad, Hidróxido de Sodio*. Última actualización 2003. Bogotá, Colombia.

Hidróxido de sodio

## 4.18

### Hipoclorito de sodio

- 4.18.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.18.1.1 SINONIMOS
  - 4.18.1.2 DESCRIPCION
  - 4.18.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.18.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.18.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.18.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.18.2 PRODUCCIÓN APLICACIONES Y USOS
  - 4.18.2.1 PRODUCCION
  - 4.18.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.18.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.18.3.1 INHALACION
  - 4.18.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.18.3.3 INGESTION
  - 4.18.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.18.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.18.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
  - 4.18.4.1 CANCER
  - 4.18.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS
  - 4.18.4.3 EFECTOS GENOTOXICOS
- 4.18.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.18.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.18.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.18.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.18.5.1.3 Inhalación
    - 4.18.5.1.4 Ingestión
    - 4.18.5.1.5 Rescate
  - 4.18.5.2 INCENDIOS
  - 4.18.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.18.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**4.18.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL**

**4.18.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA**

**4.18.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA**

**4.18.8.1 FRASES DE SEGURIDAD**

**4.18.8.2 ALMACENAMIENTO**

**4.18.9 USOS Y CONTROLES**

**4.18.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE**

**4.18.11 ECOTOXICIDAD**

**4.18.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICIÓN**

**4.18.13 BIBLIOGRAFÍA**

#### 4.18.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(15, 16)</sup>

**Fórmula:** NaOCl

**Estructura Molecular:** Na-O-Cl

**CAS:** 7681-52-9

**Número UN:** 1791

**Clase de Riesgo Primario UN:** 8

##### 4.18.1.1 SINÓNIMOS <sup>(8, 9)</sup>

Líquido Blanqueador, Soda blanqueadora, Sal Sódica del Acido Hipocloroso, Blanqueador, Oxidocloruro de Sodio.

##### 4.18.1.2 DESCRIPCIÓN <sup>(8, 9, 10, 11, 15, 16)</sup>

El Hipoclorito de Sodio se puede preparar en forma anhidro, con una pureza superior al 90%, pero se descompone con facilidad al cabo de pocos días, en ocasiones con fuerza explosiva. También forma un monohidrato que es difícil de obtener puro. Otro de sus hidratos tienen fórmula molecular NaOCl.2.5H<sub>2</sub>O, y se trata de un compuesto cristalino tetragonal, que tiene poca estabilidad para su uso comercial. El Hipoclorito de Sodio pentahidratado, NaOCl.5H<sub>2</sub>O, tiene un punto de fusión de 27°C, por lo cual se debe mantener refrigerado para que conserve su estado sólido <sup>(10)</sup>.

En vista de la inestabilidad del Hipoclorito de Sodio sólido, se encuentra más comúnmente en solución acuosa. Las concentraciones de Hipoclorito de Sodio encontradas en el comercio se pueden clasificar en dos grandes grupos: soluciones acuosas con concentración de Cloro activo inferior al 10% <sup>(8, 9, 15)</sup>, y soluciones acuosas con concentración de Cloro activo superior al 10% <sup>(11, 16)</sup>. Las soluciones acuosas de Hipoclorito de Sodio poseen un ligero color amarillo, y un olor característico a Cloro.

##### 4.18.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES <sup>(9)</sup>

En una de sus presentaciones, el Hipoclorito de Sodio se encuentra en solución acuosa, conformando el 5% de la solución como NaOCl, y el agua constituye el restante 95% <sup>(9)</sup>.

##### 4.18.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(8, 9)</sup>

Tabla 56. Propiedades físicas para el Hipoclorito de Sodio

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	74,4
Estado Físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	120 (Concentración cloro activo: 6.5%) 40 (5% de NaOCl en agua)
Punto de Fusión (°C)	8,6 (Concentración cloro activo: 6.5%) -6 (5% de NaOCl en agua)
Presión de Vapor (mmHg)	17,5 a 20°C (5% de NaOCl en agua)
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,11 - 1,2 a 25°C, agua 4°C (Concentración cloro activo: 6.5%) 1,07 - 1,14 (5% de NaOCl en agua)
Densidad del Vapor (Aire = 1)	No Reportado

NaOCl

Hipoclorito de sodio

**Tabla 56. Propiedades físicas para el Hipoclorito de Sodio (continuación)**

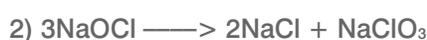
PROPIEDAD	VALOR
<b>Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)</b>	No Reportado
<b>Solubilidad en Agua</b>	Soluble en agua fría, se descompone en agua caliente (Concentración cloro activo: 6,5%) 100% en agua (5% de NaOCl en agua)
<b>Límites de Inflamabilidad (% vol)</b>	No combustible
<b>Temperatura de Auto ignición (°C)</b>	No reportado
<b>Punto de Inflamación (°C)</b>	No reportado
<b>pH</b>	12 (Concentración cloro activo: 6,5%) 9-10 (5% de NaOCl en agua)

#### 4.18.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS <sup>(2, 10)</sup>

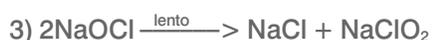
En general, los Hipocloritos son agentes oxidantes fuertes, con mayor fuerza que el peróxido de Hidrógeno o el Dióxido de Cloro. Su carácter de oxidante fuerte le permite actuar como agente de blanqueo y desinfección; estas propiedades se aprovechan para el tratamiento de fibras y la eliminación de microorganismos en el agua.

Las soluciones de Hipoclorito de Sodio caen dentro de dos clasificaciones: blanqueadores de uso doméstico, que contienen entre 5 y 5.5% de Cloro disponible, y soluciones fuertes o comerciales, que contienen entre 12 y 15% de Cloro disponible <sup>(10)</sup>. El término "contenido de Cloro disponible", también denominado Cloro activo y compara el poder oxidante del agente con aquel de la cantidad equivalente de Cloro elemental empleado para hacer la solución.

Las soluciones de Hipoclorito de Sodio se descomponen en dos maneras <sup>(10)</sup>: a Cloruro de Sodio (NaCl) y Oxígeno (O<sub>2</sub>) (reacción 1), o por desproporcionamiento a Cloruro de Sodio y clorato de Sodio (NaClO<sub>3</sub>) (reacción 2):



La última de estas dos reacciones ocurre en dos pasos: un paso lento inicial en que se forma el clorito de Sodio (NaClO<sub>2</sub>) (reacción 3), y un paso rápido de desproporcionamiento entre el Hipoclorito y el clorito (reacción 4):



El Hipoclorito de Sodio puede reaccionar también con Acido Hipocloroso (reacción 5), así:



Esta última ecuación se emplea con frecuencia para enfatizar el hecho de que en medio Acido, el Hipoclorito se descompone con mayor facilidad que en medio básico, razón por la cual las soluciones de Hipoclorito de Sodio se mantienen a pH 11.

En las soluciones de Hipoclorito de Sodio se da un balance dinámico, que se representa por la siguiente ecuación <sup>(2)</sup> (reacción 6):



De acuerdo con un estudio acerca del mecanismo de acción del Hipoclorito de Sodio sobre microorganismos<sup>(2)</sup>, éste compuesto actúa como un solvente de materia orgánica, específicamente de Ácidos grasos, a quienes transforma en sales de Ácidos grasos (jabones) y glicerol (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>), reduciendo la tensión superficial de la solución remanente. Además, el Hipoclorito de Sodio neutraliza los aminoÁcidos, formando agua y sales. Con la disminución de iones Hidroxilo (OH<sup>-</sup>) mediante la formación de agua, se reduce el pH, estimulando la presencia de Ácido Hipocloroso que en contacto con componentes orgánicos actúa como solvente, libera Cloro que se combina con el grupo amino de las proteínas, formando cloroaminas. El Ácido Hipocloroso y los iones Hipoclorito (OCl<sup>-</sup>) llevan a la degradación e hidrólisis de aminoÁcidos.

#### 4.18.1.5.1 Incompatibilidades<sup>(5, 6, 9)</sup>

El Hipoclorito de Sodio reacciona violentamente con múltiples sustancias químicas, razón por la cual se recomienda no mezclarlo con ningún otro reactivo hasta que se tengan controles de ingeniería y equipo de protección apropiados<sup>(6)</sup>. Las sustancias que son incompatibles con el Hipoclorito de Sodio incluyen<sup>(9,5)</sup>: amoníaco, aminas, sales de amonio, azidrina, metanol, fenilacetónitrilo, celulosa, metales oxidables, etilenimina, Ácidos, jabones, y bisulfatos.

En la siguiente tabla<sup>(6)</sup> se listan las sustancias que son incompatibles con el Hipoclorito de Sodio, junto con las posibles consecuencias de la mezcla accidental del Hipoclorito con tales compuestos.

**Tabla 57. Sustancias incompatibles con el Hipoclorito de Sodio**

Material Incompatible	Material Incompatible
<p>Ácidos, compuestos ácidos y limpiadores basados en ácidos.</p> <p>Compuestos tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sulfato de Aluminio</li> <li>- Cloruro de Aluminio</li> <li>- Cloruro Férrico</li> <li>- Cloruro Ferroso</li> <li>- Sulfato Férrico</li> <li>- Sulfato Ferroso</li> <li>- Soluciones cloradas de Sulfato Ferroso</li> <li>- Ácido Clorhídrico</li> <li>- Ácido Sulfúrico</li> <li>- Ácido Fluorhídrico</li> <li>- Ácido Fluorosilícico</li> <li>- Ácido Fosfórico</li> <li>- Concreto</li> <li>- Limpiadores</li> </ul>	<p>Liberación de Cloro que puede ocurrir con violencia</p>
<p>Reactivos y productos de limpieza que contengan amoníaco, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hidróxido de Amonio</li> <li>- Cloruro de Amonio</li> <li>- Silico-Fluoruro de Amonio</li> <li>- Sulfato de Amonio</li> <li>- Sales de Amonio</li> <li>- Cuaternarias</li> </ul>	<p>Formación de compuestos explosivos</p> <p>Liberación de Cloro u otros gases nocivos</p>
<p>Compuestos orgánicos y otros compuestos tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Solventes y limpiadores basados en solventes</li> <li>- Combustibles y aceites</li> <li>- Combustibles</li> <li>- Aminas</li> <li>- Propano</li> <li>- Polímeros Orgánicos</li> <li>- Etilén-Glicol</li> <li>- Insecticidas</li> <li>- Metanol</li> </ul>	<p>Formación de compuestos orgánicos clorados.</p> <p>Formación de compuestos Explosivos.</p> <p>Liberación de Cloro, que puede ocurrir en forma violenta.</p>
<p>Metales tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobre</li> <li>- Níquel (Ni)</li> </ul> <p>Evitar el transporte o almacenamiento en recipientes o equipos fabricados en acero inoxidable, aluminio, acero al carbono u otros metales comunes.</p>	<p>Liberación de Oxígeno, que generalmente no ocurre con violencia. Puede producir sobrepresión o ruptura de sistemas cerrados.</p>

**Tabla 57. Sustancias incompatibles con el Hipoclorito de Sodio (continuación)**

Material Incompatible	Material Incompatible
Peróxido de Hidrógeno	Puede ocurrir generación violenta de oxígeno.
Agentes Reductores tales como: - Sulfito de Sodio                      - Hidrosulfito de Sodio - Bisulfito de Sodio                    - Tiosulfato de Sodio	Liberación de calor, puede producir ebullición o salpicaduras

El Hipoclorito de Sodio se descompone lentamente en contacto con el aire. La velocidad de descomposición aumenta al incrementar la concentración del Hipoclorito de Sodio dentro de la solución y a medida que aumenta la temperatura. La exposición de las soluciones de Hipoclorito de Sodio a la luz solar acelera la descomposición<sup>(9)</sup>. Cuando se calienta a descomposición, el Hipoclorito de Sodio libera Cloro (Cl<sub>2</sub>), que es una sustancia tóxica<sup>(9)</sup>.

## 4.18.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS<sup>(1, 10)</sup>

### 4.18.2.1 PRODUCCIÓN

El Hipoclorito de Sodio Pentahidratado se obtiene a partir de Hidróxido de Sodio y Cloro en presencia de agua. El producto anhidro se obtiene luego por secado al vacío y congelación sobre Acido Sulfúrico concentrado; para que mantenga su estado sólido es necesario mantenerlo refrigerado. El carácter explosivo de este compuesto hace que no se produzca comercialmente esta presentación del Hipoclorito de Sodio.

Las soluciones de Hipoclorito de Sodio se preparan por dos métodos: el primero de ellos es el método químico, que se utiliza para preparar soluciones que van a permanecer almacenadas durante un largo tiempo, mientras que el segundo es un método electroquímico de producción *in-situ*, que se emplea cuando la solución se utiliza a continuación de la preparación.

#### 4.18.2.1.1 Método químico

El Hipoclorito de Sodio en solución se prepara mediante reacción entre una solución de Soda cáustica diluida y Cloro líquido o gaseoso<sup>(8, 10)</sup>. Esta reacción se presenta a continuación:



En vista de que la reacción libera calor, se debe realizar acompañada por procedimientos de refrigeración.

#### 4.18.2.1.2 Reacción

La reacción se realiza a una temperatura entre 30 y 35°C; se lleva a cabo en un proceso a contracorriente dentro de una columna empacada, en la que se ponen en contacto una mezcla de Cloro y aire, con una solución diluida de Soda Cáustica<sup>(1)</sup>; durante todo el proceso la solución se mantiene alcalina, para disminuir la descomposición del Hipoclorito de Sodio, razón por la cual se emplea un exceso de Soda cáustica. El pH final de la solución debe ser de 11 para mejorar su estabilidad<sup>(10)</sup>.

Los procesos comerciales continuos de producción de Hipoclorito de Sodio en solución, permiten obtener soluciones con contenidos de Sodio disponible inferior o igual a 150 g/L, las soluciones con un contenido superior de Cloro se deben evitar dada la gran velocidad de descomposición que presentan. La dilución de la solución final se ajusta mediante la dilución de la solución de Soda cáustica inicial.

#### 4.18.2.1.3 Acondicionamiento de la Solución<sup>(1, 10)</sup>

Como la reacción de formación del Hipoclorito de Sodio es exotérmica, y como la solución es inestable ante el aumento de la temperatura, es necesario enfriar la solución en cuanto sale de la columna de reacción.

La presencia de Hierro, Níquel, Cobalto o Cobre, acelera la descomposición del Hipoclorito de Sodio, motivo por el cual éstos metales se deben eliminar <sup>(1, 10)</sup>. La eliminación de los metales se logra reduciendo el pH de la solución hasta 10.5, valor para el cual su solubilidad disminuye. Luego de retirar los metales, el pH de la solución se debe ajustar nuevamente a 11.

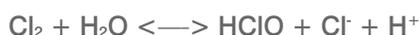
#### 4.18.2.1.4 Electro-síntesis <sup>(1)</sup>

La producción electroquímica in-situ de soluciones de Hipoclorito de Sodio diluido ha sido reconocida como una opción viable en circunstancias en que no se requiere un largo periodo de almacenamiento de la solución. Mediante el uso de una celda electroquímica, se obtienen soluciones de Hipoclorito de Sodio con contenido de Cloro activo superior a 10g/L.

La electrólisis del Cloruro de Sodio en el ánodo, conduce a la formación de Cloro:



El producto final depende de las condiciones de operación de la celda. El Cloro se hidroliza, formando Acido Hipocloroso, y éste último se disocia formando el Hipoclorito y el Cloruro:



La formación del Acido Hipocloroso y de Hipoclorito cesa cuando el electrolito se satura con Cloro, lo cual sucede si se alcanza un pH entre 2 y 3. En el cátodo se forman iones hidroxilo (OH<sup>-</sup>):



Bajo esta condición, la concentración del Cloro disuelto cerca de la superficie del ánodo permanece muy baja como para permitir la evolución del Cloro gaseosos que permite que el Hipoclorito sea el producto principal.

El problema de este proceso radica en que se pueden dar reacciones indeseables. En la selectividad de la celda hacia la formación del Hipoclorito, tiene gran influencia el material del ánodo. Los ánodos a base de titanio platinizado o Dióxido de rutenio son más selectivos hacia la evolución de Cloro, mientras que los ánodos de Oxido de Plomo y grafito tienen una mayor tendencia a generar oxígeno.

Las celdas de mayor uso comercial, para producción de soluciones de Hipoclorito de Sodio, se pueden dividir en dos grandes grupos de acuerdo con su estructura <sup>(1)</sup>: celdas de tubos y celdas de placas paralelas. Las celdas de tubos consisten de dos tubos concéntricos en que uno de ellos hace las veces de ánodo y la otra las de cátodo, y el espacio anular sirve como brecha del electrodo; este tipo de celda puede ser utilizado en operaciones a alta presión y es apropiado para aplicaciones pequeñas. Las celdas de placas brindan una mayor área empacada del electrodo, por lo cual son las más ampliamente empleadas a escala industrial.

Para la producción de soluciones de Hipoclorito de Sodio mediante celdas electroquímicas se pueden emplear dos materias primas: salmueras y agua de mar. Las celdas que utilizan agua de mar operan a mayores velocidades de flujo del electrolito, requieren un mayor diámetro de la cavidad para minimizar los efectos adversos causados por la formación de depósitos sobre el cátodo y conducen a la formación de un producto con baja concentración de Cloro disponible, de entre 0.5 y 4.0 g/L. Por su parte, las celdas en que se emplea salmuera como materia prima, producen soluciones con contenido de Cloro activo de 7 a 10 g/L para mantener un bajo costo al emplear este tipo de celdas, la velocidad de flujo de la solución de salmuera es menor, con el fin de maximizar la eficiencia a la mayor concentración de Cloro disponible.

NaOCl

Hipoclorito de sodio

#### 4.18.2.2 APLICACIONES Y USOS <sup>(10)</sup>

El principal uso de los Hipocloritos es en el blanqueado de fibras. Las soluciones de Hipoclorito pueden ser utilizadas para blanquear hasta cierto nivel de blancura, luego del cual el ataque sobre la celulosa supera las ventajas del ataque sobre el material coloreado.

El Hipoclorito de Sodio se utiliza comúnmente en: blanqueado, desinfección, control de olor, cloración de aguas de proceso o para bebida, eliminación de légamo y algas en piscinas, eliminación de pelo en la industria del cuero. Se emplea también en las industrias de pollos, granjas porcícolas, industrias lecheras, procesadoras de alimentos, refinerías de petróleo, refinerías de aceite, industria textil, industria de la pulpa y el papel, manufactura de jabón.

#### 4.18.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD <sup>(3, 8)</sup>

##### Frases de Riesgo

##### Soluciones de Hipoclorito de Sodio con concentración de Cloro activo inferior al 10% <sup>(15)</sup>

**R31:** En contacto con Acidos genera gases tóxicos

**R36/38:** Irrita los ojos y las vías respiratorias

##### Soluciones de Hipoclorito de Sodio con concentración de Cloro activo superior al 10% <sup>(16)</sup>

**R31:** En contacto con Acidos genera gases tóxicos

**R34:** Provoca quemaduras

La inhalación de los vapores del Hipoclorito de Sodio se deben evitar ya que puede causar irritación de las vías respiratoria. El Hipoclorito de Sodio es un agente oxidante fuerte que produce quemaduras cuando está en contacto con la piel o los ojos. Su ingestión puede producir quemaduras de la boca, la garganta y el estómago <sup>(8)</sup>. Los síntomas de intoxicación con Hipoclorito de Sodio incluyen sensación de ardor, tos, dolor de garganta, dificultad al respirar, náusea y vómito <sup>(3)</sup>.

#### 4.18.3.1 INHALACIÓN <sup>(9, 11)</sup>

La inhalación de los humos provenientes del Hipoclorito de Sodio puede causar irritación de las mucosas del tracto respiratorio la nariz y la garganta, los síntomas pueden incluir tos, dolor de garganta y dificultad para respirar.

#### 4.18.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS <sup>(3, 9, 11)</sup>

El contacto de la piel con soluciones de Hipoclorito de Sodio puede producir irritación de la piel o quemaduras. El contacto con los ojos es altamente peligroso, puede conducir irritación severa, daño graves e inclusive ceguera, especialmente cuando la concentración es alta.

#### 4.18.3.3 INGESTIÓN <sup>(9)</sup>

La ingestión de soluciones de Hipoclorito de Sodio puede producir irritación de las mucosas de la boca, la garganta, el esófago, el estómago y el tracto intestinal; si la concentración es elevada se puede producir perforación del intestino o el esófago. Algunos de los síntomas causados por la ingestión son náusea y vómito, delirio y coma.

#### 4.18.3.4 EFECTOS CRÓNICOS <sup>(9)</sup>

El Hipoclorito de Sodio constituye un irritante permanente de los ojos y la garganta. La exposición crónica de la piel al Hipoclorito de Sodio genera leve potencial de sensibilización de la zona afectada <sup>(9)</sup>.

#### 4.18.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

##### 4.18.3.5.1 Efectos Respiratorios

En casos de suicidio por ingestión de Hipoclorito de Sodio, se encontró que produce edema y enfisema pulmonar <sup>(3)</sup>.

#### 4.18.3.5.2 Efectos Cardiovasculares

No hay evidencia que permita concluir que el Hipoclorito de Sodio cause efectos adversos en el sistema cardiovascular tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### 4.18.3.5.3 Efectos Gastrointestinales <sup>(3)</sup>

La ingestión de soluciones concentradas de Hipoclorito de Sodio produce daño de las mucosas a lo largo del tracto gastrointestinal y puede llegar a producir perforaciones tanto del intestino como del esófago. También puede hacer que se presenten necrosis y hemorragia del tracto digestivo inferior <sup>(3)</sup>.

#### 4.18.3.5.4 Efectos hematológicos <sup>(3)</sup>

En casos de suicidio por ingestión de Hipoclorito de Sodio, se encontró que produce anemia por precipitación de glóbulos rojos <sup>(3)</sup>.

#### 4.18.3.5.5 Efectos musculares

No se encontraron estudios encaminados a establecer los efectos musculares de la exposición, por ingestión, inhalación o contacto con Hipoclorito de Sodio.

#### 4.18.3.5.6 Efectos Hepáticos

No hay evidencia que permita concluir que el Hipoclorito de Sodio cause efectos adversos en el hígado tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### 4.18.3.5.7 Efectos Renales

No hay evidencia que permita concluir que el Hipoclorito de Sodio cause efectos adversos en los riñones tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### 4.18.3.5.8 Efectos Inmunológicos

No hay evidencia que permita concluir que el Hipoclorito de Sodio cause efectos adversos en el sistema inmunológico tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### 4.18.3.5.9 Efectos Endocrinos

No hay evidencia que permita concluir que el Hipoclorito de Sodio cause efectos adversos en glándulas tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

#### 4.18.3.5.10 Efectos Neurológicos

No hay evidencia que permita concluir que el Hipoclorito de Sodio cause efectos adversos sobre el sistema nervioso tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

### 4.18.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL<sub>50</sub> (oral, ratas): 8200 mg/kg (referido a la sustancia pura) <sup>(11)</sup>

No se tienen datos del CL<sub>50</sub> relacionado con las rutas normales de exposición ocupacional <sup>(9)</sup>.

#### 4.18.4.1 CÁNCER <sup>(11,14)</sup>

El Hipoclorito de Sodio no aparece reportado dentro de la lista de la IARC (Agencia Internacional para la Investigación Sobre el Cáncer) como una sustancia cancerígena <sup>(14)</sup>, además, ensayos consultados realizados sobre animales evidencian que no han demostrado que se trate de un compuesto cancerígeno <sup>(11)</sup>.

#### 4.18.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS <sup>(11)</sup>

No se ha reportado reducción de la capacidad reproductora en experimentos con animales. No se debe temer el desarrollo de malformaciones fetales por causa de exposiciones a Hipoclorito de Sodio durante la gestación, mientras se mantengan los niveles de exposición permitidos en el lugar de trabajo.

NaOCl

Hipoclorito de sodio

#### 4.18.4.3 EFECTOS GENOTÓXICOS

En ensayos con *Sallmonella* no se han presentado casos de mutación, así como tampoco con *Bacillus subtilis*, ni con micro-núcleos<sup>(3,11)</sup>; sin embargo se han obtenido resultados positivos con cierto tipo de *E. Coli*<sup>(3)</sup>.

### 4.18.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

#### 4.18.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

La exposición aguda al Hipoclorito de Sodio puede requerir una descontaminación de la víctima. Para casos de exposición aguda es necesario que la víctima luego de recibir los primeros auxilios sea remitida a un centro hospitalario para tratamiento posterior.

##### 4.18.5.1.1 Exposición en Ojos<sup>(3, 8, 9)</sup>

Lavar los ojos con abundante agua durante por lo menos 15 minutos. Se deben levantar ocasionalmente los párpados para permitir que el agua irrigue todo el ojo y el tejido del párpado; si la víctima tiene lentes de contacto, éstos se deben retirar.

##### 4.18.5.1.2 Exposición en la Piel<sup>(8, 9, 11)</sup>

Si la ropa ha quedado impregnada de solución, ésta se debe retirar inmediatamente. Las zonas expuestas se deben lavar con abundante agua durante por lo menos 15 minutos<sup>(8)</sup>. El Hipoclorito de Sodio que haya podido quedar se debe limpiar con un algodón impregnado con polietilén glicol 400<sup>(11)</sup>.

##### 4.18.5.1.3 Inhalación<sup>(3, 8, 9)</sup>

La víctima se debe ubicar rápidamente en lugares donde se pueda tener acceso al aire fresco. Si la víctima ha cesado de respirar se debe administrar respiración artificial. Si la respiración es forzada, se debe proveer oxígeno al paciente por medio de una máscara de oxígeno. La persona afectada se debe mantener caliente y en reposo. La víctima siempre debe recibir atención médica inmediata.

##### 4.18.5.1.4 Ingestión<sup>(3, 8, 9)</sup>

No se debe inducir el vómito a las víctimas que han ingerido esta sustancia. Si la víctima se encuentra consciente y en capacidad de tragar, se le debe dar a beber una buena cantidad de agua, luego de ellos se le puede dar agua cada 10 minutos o también brandy o leche, en ningún caso se le debe dar a beber jugo de frutas, debido a su carácter Acido. La victima debe recibir atención medica inmediatamente<sup>(3, 8, 9)</sup>.

##### 4.18.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

Para situaciones de emergencia, se deben usar máscaras anti gas de presión positiva o de demanda de presión y que posean cubrimiento completo de la cara. También se debe usar un traje totalmente hermético resistente al ataque químico fabricado en polietileno, saranex, neopreno, caucho de butilo o caucho natural.

#### 4.18.5.2 INCENDIOS<sup>(3, 8, 9, 11)</sup>

El Hipoclorito de Sodio no se considera un compuesto combustible, sin embargo, su descomposición por calentamiento conlleva a la liberación de oxígeno, que puede incrementar la severidad de un incendio existente. Además, el Hipoclorito es un oxidante fuerte de alta reactividad que puede producir explosiones o incendios al reaccionar con múltiples sustancias.

Para la extinción de incendios en que se encuentre involucrado el Hipoclorito de Sodio, se recomienda el uso de polvo químico seco; no obstante, el tipo de agente extinguidor a emplear depende también del material que arde, ya que las disoluciones de este producto no lo hacen. Si el incendio es de gran magnitud puede emplearse un chorro de agua a alta presión.

Ya que el calentamiento del Hipoclorito de Sodio incrementa la velocidad de liberación de Cloro (gas tóxico) y oxígeno, se deben enfriar con agua los contenedores afectados por el fuego <sup>(3)</sup> para evitar una sobre-presión de los recipientes de almacenamiento o proceso, que pueda causar su ruptura. Además, el personal encargado de apagar el incendio debe contar con el equipo de protección apropiado para el incendio y para el ataque de Cloro y Cloruro de Hidrógeno (Acido Clorhídrico).

#### 4.18.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS <sup>(8,9)</sup>

Siempre que existan derrames o fugas de Hipoclorito de Sodio se deben efectuar los siguientes pasos:

- Ventilar el área de fuga o derrame
- Recolectar el material derramado en la manera más conveniente para su reciclaje o para su disposición en un relleno de seguridad. Si el derrame es pequeño, el Hipoclorito de Sodio se puede absorber en vermiculita, arena seca o un material similar, que no sea combustible, luego de lo cual se puede neutralizar con soluciones de Sulfuro de Sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), Sulfito de Sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), o Tiosulfato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ). Si el derrame es grande y en un área cerrada, se puede diluir con agua y luego se puede neutralizar con alguna de las soluciones mencionadas.

Las personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben marginar de las áreas donde se presente la fuga o derrame hasta que la limpieza se haya completado.

NaOCl

Hipoclorito de sodio

#### 4.18.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL <sup>(9,11)</sup>

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 1 ppm (Fecha de estudio no reportada) <sup>(9)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 0.5 ppm (Fecha de estudio no reportada) <sup>(9)</sup>

**STEL (WEEL; 15 minutos; AIHA):** 2 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(9)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la Vida y la Salud).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.18.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(4,8,9,11)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropa impermeable, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto de la piel con soluciones acuosas que contengan Hipoclorito de Sodio.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a soluciones de Hipoclorito de Sodio, especialmente las de mayor concentración de Cloro activo, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa no impermeable que se contamine con soluciones de Hipoclorito de Sodio, especialmente las de mayor concentración de Cloro activo, se debe remover inmediatamente y no se debe usar hasta que el Hipoclorito sea removido por completo.
- La ropa no impermeable que se contamine con Hipoclorito de Sodio, especialmente las de mayor concentración de Cloro activo, se debe remover prontamente y no se debe usar hasta que el Acido sea removido por completo.

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que soluciones de Hipoclorito de Sodio, especialmente las de mayor concentración de Cloro activo, entren en contacto con los ojos.
- El Hipoclorito de Sodio normalmente no produce humos, pero se debe utilizar gafas y careta cuando se haga el manejo de esta sustancia.
- Donde exista alguna posibilidad que soluciones de Hipoclorito de Sodio, especialmente las de mayor concentración de Cloro activo, entren en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lavaojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

#### 4.18.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(9)</sup>

Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

Si se exceden los límites de exposición y los controles ingenieriles no son posibles, se debe utilizar un respirador con careta completa, con cartucho para gas Acido. Para las situaciones de emergencia en que se desconocen los niveles de exposición, use una máscara de presión positiva con careta completa. Se debe tener presente que los respiradores de purificación de aire no protegen a los trabajadores en atmósferas con deficiencia de oxígeno <sup>(9)</sup>.

**Tabla 58. Protección respiratoria mínima para Hipoclorito de Sodio en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 1 ppm (OSHA)
Concentración de hasta 50 ppm	Una máscara de gases de tipo mentón o cilindro para gases ácidos frontal o trasero con un filtro de partículas de alta eficiencia. Un respirador con filtro de partículas de alta eficiencia con pieza facial completa. Cualquier respirador de aire con pieza completa completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa.
Concentración de más de 100 ppm o concentraciones desconocidas	Aparatos de respiración autocontenidos con pieza facial completa operados en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Una máscara de gases de tipo mentón o un cilindro para gases ácidos frontal o trasero con filtro de partículas de alta eficiencia. Cualquier aparato de respiración autocontenido para evacuación.

Adaptada de "OSHA; Occupational Safety and Health Guidelines" <sup>(12)</sup>

#### 4.18.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con soluciones concentradas de Hipoclorito de Sodio, los individuos se deben entrenar en su manejo y almacenamiento, así como en el uso del equipo de protección personal.

Debido al carácter de oxidante fuerte que tienen las soluciones concentradas de Hipoclorito de Sodio, no se debe entrar en contacto directo con este tipo de soluciones, ni permitir que se derramen en ninguna parte del cuerpo.

Evitar la mezcla accidental de este compuesto con Ácidos, ya que ello puede hacer que se libere Cloro. También se deben evitar las mezclas con amoníaco o compuestos de amonio, con quienes el Hipoclorito puede formar compuestos explosivos. El contacto del Hipoclorito con sustancias combustibles también se debe evitar<sup>(7)</sup>.

Se debe contar con duchas para el lavado del cuerpo y los ojos, en las proximidades de las zonas de trabajo en que se emplee o fabrique este producto, para permitir un lavado oportuno en caso de derrame accidental sobre el cuerpo.

##### 4.18.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

**Soluciones de Hipoclorito de Sodio con concentración de Cloro activo inferior al 10%**<sup>(15)</sup>

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S2:** Manténgase fuera del alcance de los niños

**Soluciones de Hipoclorito de Sodio con concentración de Cloro activo superior al 10%**<sup>(16)</sup>

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S28:** En caso de contacto con la piel lávese inmediata y abundantemente con ... (productos a especificar por el fabricante)

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible muéstrela la etiqueta)

**S50:** No usar con... (a especificar por el fabricante)

##### 4.18.8.2 ALMACENAMIENTO<sup>(8,9,7,11)</sup>

El Hipoclorito de Sodio se debe guardar en un lugar frío, oscuro y ventilado. Se debe evitar la exposición del Hipoclorito al calor, la luz, la contaminación con metales pesados y elementos que puedan alterar el pH. En general, los contenedores deben tener un mecanismo de despresurización, por ejemplo una válvula de seguridad, para evitar sobre-presión por la liberación de oxígeno a raíz de la descomposición del Hipoclorito. Los contenedores opacos ayudan a prevenir la descomposición de la solución y por ende también la sobre-presión.

El almacenamiento de las soluciones de Hipoclorito de Sodio se debe hacer evitando que pueda entrar en contacto con materiales combustibles, Ácidos y/o compuestos derivados del amoníaco.

Las soluciones de Hipoclorito de Sodio de menor concentración, entre 3 y 6% de Cloro disponible, son más estables que las más concentradas, razón por la cual se pueden guardar durante un mayor período de tiempo.

Para el almacenamiento de grandes volúmenes de Hipoclorito de Sodio se recomienda el uso de tanques de materiales resistentes a la alcalinidad, entre ellos se listan: polietileno de alta densidad, cauchos duros, PVC, FRP,

NaOCl

Hipoclorito de sodio

o concreto sellado. En el almacenamiento de volúmenes pequeños de Hipoclorito de Sodio en solución, se puede emplear tambores plásticos, botellas plásticas o de vidrio, en todos los casos los recipientes deben ser opacos para evitar la descomposición de la solución.

#### 4.18.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES<sup>(8)</sup>

**Tabla 59. Usos, generación y control de Hipoclorito de Sodio**

Uso / Generación	Control
Blanqueado de fibras de celulosa y otros materiales en las industrias de pulpa, de papel y textil.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Dilución para dosificación en la desinfección de piscinas y en el tratamiento de aguas.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Cloración de agua potable.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Eliminación de algas y lama en piscinas, hervidores de agua (especialmente en la industria de pulpa) y recipientes de almacenamiento de agua.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Proceso de eliminación de pelo en la industria del cuero.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.

#### 4.18.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

No se dispone de información acerca de los efectos del Hipoclorito de Sodio sobre el medio ambiente<sup>(9)</sup>.

#### 4.18.11 ECOTOXICIDAD<sup>(11)</sup>

Por tratarse de una sustancia inorgánica no se le pueden aplicar los métodos para determinación de biodegradabilidad<sup>(11)</sup>.

A pesar de la dilución, el Hipoclorito de Sodio forma soluciones caústicas con el agua. Resulta muy tóxico para los organismos acuáticos, de manera que se usa para reducir la presencia de microorganismos en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Además, estas sustancia trae efectos perjudiciales a los organismos acuáticos por variación del pH.

##### Toxicidad para Peces

*Onchorhynchus mykiss* CL<sub>50</sub>: 0,07 mg/l /48 h (referido a la sustancia pura)<sup>(11)</sup>.

*P. promelas* CL<sub>50</sub>: 1.34 mg/l /96 h (referido a la sustancia pura)<sup>(11)</sup>.

*L. macrochirus* CL<sub>50</sub>: 1.1 mg/l /96 h (referido a la sustancia pura)<sup>(11)</sup>.

*Daphnia magna* CE<sub>50</sub>: 0.07 - 0,7 mg/l /24 h (referido a la sustancia pura)<sup>(11)</sup>.

##### Toxicidad para Microorganismos

*Photobacterium phosphoreum* CE<sub>50</sub>: 100 mg/l /15 min (referido a la sustancia pura)<sup>(11)</sup>.

#### 4.18.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICIÓN

Todo aquel material que no pueda ser recuperado o reciclado, se debe tratar en una forma adecuada mediante un sistema de tratamiento de aguas. Condiciones tales como el procesamiento, uso o forma de contaminación de las

soluciones de Hipoclorito de Sodio, determinan el tipo de tratamiento a efectuar sobre las aguas residuales que lo contengan<sup>(9)</sup>.

Una forma de disminuir los efectos tóxicos del Hipoclorito de Sodio sobre el medio ambiente, y específicamente sobre los organismos acuáticos de las aguas abiertas, es reducir su carácter alcalino mediante neutralización controlada con Sulfuro de Sodio, Sulfito de Sodio, o Tiosulfato de Sodio.

#### 4.18.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman's Enciclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 24; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Estrela C et al. Mechanism of Action of Sodium Hypochlorite [en línea]. Enero de 2002 [citado julio 30 de 2003]. Disponible en [http://www.forp.usp.br/bdj/bdj13\(2\)/v13n2a07/v13n2a07.html](http://www.forp.usp.br/bdj/bdj13(2)/v13n2a07/v13n2a07.html)
3. Facultad de Química. Universidad Autónoma de México, Hoja 22 [en línea]. Enero de 2002 [citado julio 30 de 2003]. Disponible en <http://www.fquim.unam.mx/sitio/uploads/pdfs/hoja22.pdf>
4. Instituto del Cloro. Noticias nuevas. Dilution of sodium hypochlorite solutions (NaOCl) [en línea]. mayo de 2003 [citado julio 30 de 2003]. Disponible en [http://www.cl2.com/whats\\_new/Dilution\\_NaOCl.PDF](http://www.cl2.com/whats_new/Dilution_NaOCl.PDF)
5. Instituto del Cloro. Noticias nuevas. Do you know where your chemicals are going? [en línea]. Fecha de publicación desconocida [citado julio 30 de 2003]. Disponible en: [http://www.cl2.com/whats\\_new/DoYouKnow.pdf](http://www.cl2.com/whats_new/DoYouKnow.pdf)
6. Instituto del Cloro. Noticias nuevas. Sodium Hypochlorite Incompatibility Chart [en línea]. Fecha de publicación desconocida [citado julio 30 de 2003]. Disponible en: [http://www.cl2.com/whats\\_new/NaOClCompatChart.pdf](http://www.cl2.com/whats_new/NaOClCompatChart.pdf)
7. Instituto del Cloro. Noticias nuevas. Warning - Sodium Hypochlorite can release chlorine gas. [en línea]. Fecha de publicación desconocida [citado julio 30 de 2003]. Disponible en: [http://www.cl2.com/whats\\_new/Warning.pdf](http://www.cl2.com/whats_new/Warning.pdf)
8. International Chemical Industries, Inc. InChemProducts. Sodium Hypochlorite [en línea]. Diciembre de 1998 [citado julio 30 de 2003]. Disponible en: <http://www.inchem.com.ph/naocl.htm>
9. Baker JT. Material Safety Data Sheet. Sodium Hypochlorite Solution [en línea]. Fecha de publicación Mayo de 2000, actualizado febrero de 2003 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en: <http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/S4106.htm>
10. Kirck & Othmer; Enciclopedia of Chemical Technology; Volumen 2, Hexanes to Ion Exchange; Interscience Publishers; Jhon Wiley & Sons, Inc.; New York, U.S.A.; 1966.
11. Merck Catalogue. ChemDAT - The Merck Chemical Database. 2000.
12. Occupational Safety & Health Administration (OSHA); Occupational Safety and Health Guideline for Sulfuric Acid [en línea]. Septiembre de 1978 [citado Abril 26 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0577.pdf> 8

NaOCl

Hipoclorito de sodio

13. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Septiembre de 1999 [citado Julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
14. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 5. List of Classified Carcinogens* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Septiembre de 1999 [citado Julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/iarclist.htm>
15. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *International Chemical Safety Cards, Sodium Hypochlorite (Solution, Active Chlorine <10%)* [en línea]. Octubre de 1999 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc04/icsc0482.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc04/icsc0482.htm)
16. Organización Internacional del Trabajo. *International Chemical Safety Cards, Sodium Hypochlorite (Solution, Active Chlorine <10%)* [en línea]. Octubre de 1999 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc11/icsc1119.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc11/icsc1119.htm)

Hipoclorito de sodio

## 4.19

# Metanol

- 4.19.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.19.1.1 SINONIMOS
  - 4.19.1.2 DESCRIPCION
  - 4.19.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.19.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.19.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.19.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.19.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.19.2.1 PRODUCCION
  - 4.19.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.19.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.19.3.1 INHALACION
  - 4.19.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.19.3.3 INGESTION
  - 4.19.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.19.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.19.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
- 4.19.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.19.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.19.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.19.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.19.5.1.3 Inhalación
    - 4.19.5.1.4 Ingestión
    - 4.19.5.1.5 Rescate
  - 4.19.5.2 INCENDIOS
  - 4.19.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.19.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
- 4.19.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.19.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

- 4.19.8 **CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA**
  - 4.19.8.1 **FRASES DE SEGURIDAD**
  - 4.19.8.2 **ALMACENAMIENTO**
    - 4.19.8.2.1 **Almacenamiento a Pequeña escala**
    - 4.19.8.2.2 **Almacenamiento a Gran Escala**
- 4.19.9 **USOS Y CONTROLES**
- 4.19.10 **COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE**
  - 4.19.10.1 **AIRE**
  - 4.19.10.2 **AGUA**
  - 4.19.10.3 **SUELO**
- 4.19.11 **ECOTOXICIDAD**
- 4.19.12 **LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICIÓN**
- 4.19.13 **BIBLIOGRAFÍA**

#### 4.19.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(4,6)</sup>

Fórmula Molecular: CH<sub>3</sub>OH

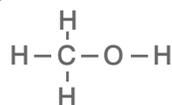
Estructura Molecular:

CAS: 67-56-1

Número UN: 1230

Riesgo Principal UN: 3

Riesgo Secundario ONU: 6.1



##### 4.19.1.1 SINÓNIMOS

Metanol, Alcohol Metílico, Metil Alcohol, Carbinol, Hidroximetano, Metilol, Monohidroximetano, espíritu de la madera, alcohol de madera. <sup>(2,5)</sup>

##### 4.19.1.2 DESCRIPCIÓN <sup>(5)</sup>

El Metanol es un líquido incoloro, volátil e inflamable con un ligero olor alcohólico en estado puro. Es un líquido altamente venenoso y nocivo para la salud. Es miscible en agua, alcoholes, ésteres, cetonas y muchos otros solventes; además, forma muchas mezclas azeotrópicas binarias. Es poco soluble en grasas y aceites. <sup>(4,5)</sup>

Hay métodos analíticos, principalmente la cromatografía de gases (CG) con detección por ionización de llama (DIL), para la determinación del Metanol en diversos medios (aire, agua, suelo y sedimentos) y productos alimenticios, así como para la determinación del Metanol y de su principal metabolito, el formiato, en los líquidos y tejidos corporales. Además de la CG-DIL, en la determinación del formiato en la sangre, la orina y los tejidos se utilizan procedimientos enzimáticos con resultados finales colorimétricos.

Para la determinación del Metanol en el lugar de trabajo se suele comenzar con la recolección y concentración en silica-gel, seguida de extracción acuosa y CG-DIL o análisis de CG-espectrometría de masa del extracto.

El Metanol está disponible comercialmente en varios grados de pureza:

1. Síntesis, (corresponde al Metanol comercial normal).
2. De calidad analítica certificada.
3. En condiciones de extrema pureza para manufactura de semiconductores.

Las principales impurezas que se pueden encontrar en el Metanol corresponden a sustancias como acetona, acetaldehído, ácido acético y agua.

##### 4.19.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES <sup>(11)</sup>

Ingrediente	Por Ciento	Peligroso
Alcohol Metílico	100%	Si

##### 4.19.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(4,5)</sup>

Tabla 60. Propiedades físicas del Metanol

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	32,04
Punto de Ebullición (°C)	67,4; 760 mmHg
Punto de Fusión (°C)	-97,8

CH<sub>3</sub>OH

Metanol

**Tabla 60. Propiedades físicas del Metanol (continuación)**

PROPIEDAD	VALOR
<b>Presión de Vapor (mmHg)</b>	92; 20 °C
	126; 25°C
	160; 30 °C
<b>Gravedad Específica (Agua = 1)</b>	0.7915; 20/4 °C
	0.7866; 25 °C
<b>Densidad del Vapor (Aire = 1)</b>	1,11
<b>pH</b>	No Reportado
<b>Solubilidad en agua</b>	Miscible
<b>Log Kow</b>	-0,67
<b>Límites de Inflamabilidad (% vol)</b>	5,5 – 44
<b>Temperatura de Auto Ignición (°C)</b>	470
<b>Punto de Inflamación (°C)</b>	15,6; copa abierta
	12,2; copa cerrada

#### 4.19.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Metanol presenta reacciones que son típicas para alcoholes de su clase. Las reacciones de particular importancia en la industria son principalmente deshidrogenación y deshidrogenación oxidativa sobre óxido de Plata o Molibdeno-Hierro para la producción de Formaldehído; la reacción con Isobutileno usando catalizadores ácidos, para formar metil terciaril butil éter (MTBE); carbonación a ácido acético usando como catalizador Cobalto o Rodio; esterificación con ácidos orgánicos y derivados ácidos; eterificación; adición a enlaces no saturados y reemplazo del grupo hidroxilo<sup>(5)</sup>.

El Metanol líquido y sus vapores son sustancias muy inflamables y que al contacto con el aire pueden llegar a ser explosivos. Esto representa un problema de seguridad potencialmente grande<sup>(3)</sup>.

##### 4.19.1.5.1 Incompatibilidades

El calor contribuye a su inestabilidad, además, el contacto con agentes oxidantes fuertes puede causar incendios y explosiones. En un incendio con Metanol, se pueden liberar gases y vapores tóxicos, como monóxido de carbono y formaldehído. Se debe tener especial cuidado, ya que el Metanol ataca cierto tipo de plásticos, cauchos y revestimientos. Puede reaccionar con aluminio metálico a altas temperaturas.<sup>(9)</sup>

#### 4.19.2 PRODUCCIÓN APLICACIONES Y USOS

##### 4.19.2.1 PRODUCCIÓN<sup>(5,10)</sup>

La fuente de Metanol importante más antigua (alcohol de madera) es la destilación seca de madera a 350°C, que fue empleada de 1830 a 1930 aproximadamente. En los países en los cuales la madera es abundante y los productos de madera constituyen una industria muy importante, el Metanol aún se obtiene por medio de este procedimiento. Sin embargo, el Metanol obtenido de la madera contiene más contaminantes, principalmente acetona, ácido acético y alcohol alílico, que el Metanol de grado químico actualmente disponible.

El Metanol se obtenía también como producto de la oxidación no catalítica de hidrocarburos (un procedimiento discontinuado en USA en 1973), y como un subproducto de la síntesis de Fischer-Tropsch, la cual ya no tiene importancia industrial.

La moderna producción industrial a escala de Metanol está basada exclusivamente en la conversión catalítica de gases de síntesis presurizados (Hidrogeno, Monóxido y Dióxido de Carbono) en presencia de catalizadores metálicos

heterogéneos. Todos los materiales carbonáceos como coque, gas natural, petróleo y fracciones obtenidas del petróleo (asfalto, gasolina, compuestos gaseosos) se pueden emplear como materias primas para la producción de gases de síntesis.

La presión de síntesis requerida depende de la actividad del catalizador metálico empleado, los catalizadores de cobre, óxido de zinc y alúmina son los más efectivos en las plantas industriales de Metanol. Estos catalizadores permiten la síntesis del producto con una alta selectividad, la mayoría de las veces por encima del 99%, referida a la adición de  $\text{CO}_x$ . Las siguientes impurezas son importantes en la producción de Metanol a gran escala:

1. Formación de alcoholes pesados obtenidos a partir de catalizadores con trazas de álcali.
2. Hidrocarburos obtenidos usando catalizadores con contenido de hierro, cobalto y níquel, de acuerdo al proceso de Fischer-Tropsch.
3. Ésteres.
4. Dimetil éter.
5. Cetonas.

La formación de la mayoría de los subproductos de gases de síntesis, particularmente especies de  $\text{C}_2^+$ , se favorece termodinámicamente sobre la síntesis de Metanol. Debido a que el Metanol es el producto principal, las reacciones en las que se obtienen subproductos se controlan cinéticamente. Además de la composición del gas de alimentación y de las características del catalizador, la temperatura y el tiempo de residencia del catalizador son determinantes en la formación de subproductos, un incremento en estos parámetros eleva la proporción de subproductos.

Por convención, los procesos están clasificados de acuerdo a la presión utilizada: procesos a bajas presiones, 50-100 atmósferas; procesos a presiones moderadas, 100-200 atmósferas; y procesos a altas presiones, 200-350 atmósferas. Los procesos a altas presiones emplean catalizadores de óxido de zinc y cromo, pero debido a los costos del manejo de altas presiones no es económicamente viable. Debido a esto fue necesario desarrollar una tecnología a bajas presiones, la cual utiliza catalizadores que contienen óxidos de cobre y zinc usando además aditivos estabilizadores que proporcionan una selectividad mayor obteniéndose así una pureza superior al 99.5% reduciendo drásticamente la formación de subproductos e inclusive eliminándolos del todo. Esta tecnología es la más ampliamente utilizada a nivel mundial y tenida en cuenta por el 55% de la capacidad de Metanol en USA durante 1980.

Casi todo el Metanol producido en países industrializados como Estados Unidos se obtiene a partir de gas natural. Una pequeña cantidad de Metanol se obtiene como subproducto de la oxidación de butano en la producción de ácido acético y de la destilación destructiva de madera para la producción de carbón vegetal.

La composición de Metanol obtenido directamente de la síntesis sin purificación o purificación parcial varía de acuerdo a la síntesis (pe., presión, catalizador). Las principales impurezas incluyen un 5-20% (en volumen) de agua, alcoholes más grandes (etanol principalmente), formiato de metilo y ésteres mayores, y pequeñas cantidades de éteres y aldehídos. El Metanol es purificado por destilación, la complejidad requerida depende de la pureza deseada en el Metanol y de la pureza del Metanol crudo.

La producción de Metanol a partir de carbón, siendo independiente de las reservas de gas natural y petróleo, se contempla por ser una alternativa atractiva de existencias en algunas partes del mundo. Nuevas aproximaciones a la producción de Metanol que se han sugerido incluyen la conversión catalítica a partir de dióxido de carbono e hidrógeno evitando el reformado por vapor convencional y la conversión catalítica directa de metano a Metanol.



Metanol

#### 4.19.2.2 APLICACIONES Y USOS <sup>(4, 5)</sup>

El Metanol tiene una gran variedad de aplicaciones industriales. Su uso más frecuente es como materia prima para la producción de metil t-butil éter (MTBE), que es un aditivo para gasolina. También se usa en la producción de formaldehído, ácido acético, cloro metanos, metacrilato de metilo, metilaminas, dimetil tereftalato y como solvente o anticongelante en pinturas en aerosol, pinturas de pared, limpiadores para carburadores, y compuestos para limpiar parabrisas de automóviles.

El Metanol es un sustituto potencial del petróleo. Se puede usar directamente como combustible reemplazando la gasolina en las mezclas gasolina-diesel. El Metanol tiene mayor potencial de uso respecto a otros combustibles convencionales debido a que con esta sustancia se forma menor cantidad de ozono, menores emisiones de contaminantes, particularmente benceno e hidrocarburos aromáticos poli cíclicos y compuestos sulfurados; además presenta bajas emisiones de vapor. Por otra parte, la posibilidad de mayores emisiones de formaldehído, su elevada toxicidad y, en el momento, la baja rentabilidad, favorecen el uso de combustibles convencionales.

Para motores de gasolina, el Metanol puro (llamado combustible M100) o mezclas de 3, 15 y 85% de Metanol con productos del petróleo convencionales (M3, M15, M85) son las más comunes. En motores diesel el Metanol no se puede usar de forma exclusiva debido a su bajo octanaje que no permite una apropiada ignición. Por lo tanto, el Metanol se inyecta dentro del cilindro después de la ignición del diesel convencional.

El Metanol se usa en sistemas de refrigeración, por ejemplo en plantas de etileno, y como anticongelante en circuitos de calentamiento y enfriamiento. Sin embargo, su uso como anticongelante en motores ha disminuido drásticamente gracias al uso de productos derivados del glicol. El Metanol se adiciona al gas natural en las estaciones de bombeo de las tuberías para prevenir la formación de hidratos de gas a bajas temperaturas y se puede reciclar después de que se remueve del agua. El Metanol también se usa como un agente de absorción en depuradores de gas para remover, por ejemplo, dióxido de carbono y sulfuro de hidrogeno. Una gran cantidad de Metanol se usa como solvente. El Metanol puro no se usa comúnmente como solvente, pero se incluye en mezclas solventes.

El Metanol también se usa en la denitrificación de aguas de desecho, en la aplicación de tratamientos para aguas residuales, como sustrato en la producción de fermentación de proteína animal, como hidrato inhibidor en el gas natural, y en la Metanólisis de tereftalato de polietileno de desechos plásticos reciclados.

#### 4.19.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD <sup>(3, 6, 10)</sup>

##### Frases de Riesgo <sup>(6, 7)</sup>

**R11:** Fácilmente inflamable

**R23/24/25:** Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel

**R39/23/24/25:** Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión

El Metanol está presente de forma natural en el ser humano, los animales y las plantas. Es un elemento constitutivo natural en la sangre, orina, la saliva y el aire expirado. Se ha descrito una concentración media de Metanol en orina de 0,73 mg/litro (intervalo de 0,3-2,61  $\mu$ g/litro) en individuos no expuestos y una gama de 0,06 a 0,32  $\mu$ g/litro en el aire expirado.

Las dos fuentes más importantes de acumulación básica de Metanol y formiato en el organismo son la alimentación y los procesos metabólicos. El Metanol está disponible en la alimentación principalmente a partir de las frutas y hortalizas frescas, los zumos de fruta (promedio de 140 mg/litro, margen de variación de 12 a 640 mg/litro), las bebidas fermentadas (hasta 1,5 g/litro) y los alimentos de dieta (sobre todo bebidas no alcohólicas). El aspartame es un edulcorante artificial muy utilizado, y al hidrolizarse el 10% (por peso) de la molécula se convierte en Metanol libre, que queda disponible para la absorción.

Una exposición a Metanol puede ocurrir en el sitio de trabajo o en un ambiente en el cual se libera aire, agua o vapores contaminados. La exposición puede ocurrir cuando el personal usa cierto tipo de pinturas, en aerosol, para paredes, algunos líquidos limpiaparabrisas y combustibles de motores pequeños. El Metanol entra al cuerpo al respirar aire contaminado o cuando se consume agua o comida contaminada. También se puede absorber por contacto con la piel. No permanece en el cuerpo debido a su ruptura y se remueve mediante el aire exhalado o en la orina.

Los efectos del Metanol en la salud humana y el ambiente dependen de la cantidad de Metanol que esté presente y de la frecuencia y el tiempo de exposición. Los efectos también dependen de la salud de la persona o de las condiciones del ambiente cuando ocurre la exposición.

Existen muchos casos documentados en donde se ha reportado que la ingestión de grandes cantidades de Metanol ha causado la muerte. Beber pequeñas cantidades no letales, afecta el sistema nervioso humano. Los efectos van desde dolores de cabeza hasta descoordinación similar a la asociada al estado de embriaguez. A los efectos embriagantes del Metanol pueden seguir efectos retardados como dolor abdominal severo, fuertes dolores en piernas y espalda. Pérdida de visión e incluso ceguera pueden ocurrir después de la exposición a cantidades de Metanol que causan estado de embriaguez. Estos efectos no ocurren con niveles de Metanol de exposición normal en el ambiente.

Los efectos en la salud humana asociados al consumo de pequeñas cantidades de Metanol por largos períodos de tiempo son desconocidos. Los trabajadores que están expuestos en repetidas ocasiones a Metanol han experimentado efectos adversos severos. Los efectos incluyen dolores de cabeza, desordenes en el sueño, problemas gastrointestinales y daños en el nervio óptico. Estudios de laboratorio muestran que exposiciones repetidas a grandes cantidades de Metanol en el aire o en agua consumida causa efectos similares en animales.

Las emisiones de Metanol se derivan principalmente de los diversos usos industriales y domésticos como disolvente, su producción, la manufactura, las pérdidas durante el almacenamiento a granel y la manipulación.

El Metanol se absorbe fácilmente por inhalación, ingestión y exposición cutánea y se distribuye rápidamente en los tejidos siguiendo la distribución del agua corporal. Por los pulmones y los riñones se excreta una pequeña cantidad de Metanol que no ha sufrido cambios.

En países donde la producción de metanol es muy avanzada e industrializada, los límites de exposición para la higiene del trabajo parecen indicar que los trabajadores están protegidos de cualquier efecto adverso si la exposición no supera un promedio ponderado en el tiempo de 260 mg/m<sup>3</sup> (200 ppm) de Metanol en cualquier jornada de trabajo de 8 horas y en una semana laboral de 40 horas. La exposición al Metanol de la población en general por medio del aire es normalmente 10 000 veces inferior a los límites ocupacionales.

Los datos sobre la presencia del Metanol en el agua potable de uso inmediato son limitados, pero con frecuencia se encuentra Metanol en efluentes industriales.

En el caso que el uso previsto del Metanol como combustible alternativo o mezclado con otros combustibles aumente considerablemente, cabe prever que habrá una exposición generalizada al Metanol por medio de la inhalación de vapores procedentes de los vehículos que funcionen con él y del bombeo o la absorción cutánea de combustibles o mezclas de Metanol.

#### **4.19.3.1 INHALACIÓN <sup>(5,6)</sup>**

La Inhalación de Metanol es la ruta de entrada más común. Experiencias en salud ocupacional y estudios en voluntarios muestran que el Metanol se absorbe rápidamente después de que se inhala.

CH<sub>3</sub>OH

Metanol

Se ha caracterizado la relación entre la exposición por inhalación de Metanol, sus concentraciones, la duración de la exposición y la concentración de Metanol en la orina. Esta última depende estrictamente de la duración y la intensidad de la exposición, sugiriendo así que un análisis de la presencia de este compuesto en la orina sería un parámetro bastante confiable para evaluar el grado de exposición al Metanol.

Los efectos asociados a la inhalación de Metanol en concentraciones elevadas incluyen tos, mareo, náuseas, dolor de cabeza, debilidad y perturbaciones visuales.

#### **4.19.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS <sup>(5,6)</sup>**

Se sabe que el Metanol puro posee una gran difusión a través de la epidermis debido al daño que ocasiona en la capa de tejido de la córnea (la capa delgada de células de queratina que comprende la capa más externa de la epidermis). La permeabilidad de la piel al Metanol puro es de 10.4 mg/cm<sup>2</sup> por hora.

Cuando se expone la piel al contacto con Metanol, éste se absorbe de forma inmediata, causando desecamiento y enrojecimiento de la zona implicada. El contacto directo con los ojos causa enrojecimiento y ardor severo.

#### **4.19.3.3 INGESTIÓN <sup>(5,6)</sup>**

El Metanol se absorbe rápidamente por el tracto gastrointestinal con un pico de absorción de ocurrencia en 30-60 min. dependiendo de la presencia o ausencia de comida en el estómago.

La ingestión de Metanol se ha reportado como la ruta principal de exposición en la mayoría de los casos reportados de envenenamiento agudo con esta sustancia por causa de la ingestión de licores adulterados.

Durante un envenenamiento con Metanol en humanos, las concentraciones de Metanol y ácido fórmico en la sangre y orina varían. Dichas concentraciones dependen fuertemente de la dosis y el tiempo de exposición entre otros.

Tras la digestión y absorción de Metanol, que se alcanza en un lapso entre 30 y 90 minutos, se distribuye por todo el organismo con un volumen de distribución aproximado de 0,6 litros/kg.

El Metanol se metaboliza principalmente en el hígado siguiendo una fase oxidativa secuencial a formaldehído, ácido fórmico y anhídrido carbónico. El paso inicial consiste en la oxidación a formaldehído por acción de una enzima conocida como alcohol deshidrogenasa hepática. La afinidad relativa de la alcohol deshidrogenasa por el etanol y el Metanol es aproximadamente de 20:1. En el segundo paso, el formaldehído se oxida por acción de la enzima a ácido fórmico o formiato, en función del pH. Finalmente en el tercer paso se transforma el ácido fórmico hasta anhídrido carbónico.

La ingestión de Metanol puede causar dolor abdominal. Deficiencias respiratorias, vómito, convulsiones e incluso inconciencia, además de los efectos ya mencionados por inhalación.

La intoxicación aguda con Metanol se manifiesta inicialmente con signos de narcosis, seguido por un período latente en el cual ácido fórmico se acumula en el cuerpo causando acidosis metabólica (disminución del pH de la sangre). Se presentan dolores abdominales severos, en piernas y espalda, y degeneración visual que puede llegar a la ceguera <sup>(4,6)</sup>.

Debido a los efectos adversos retardados en la exposición de Metanol, una persona se puede recuperar de los efectos inmediatos y recaer luego de alrededor de 30 horas <sup>(9)</sup>.

El envenenamiento por dosis no letales de Metanol se puede describir en tres etapas: (1) estado de narcosis similar al causado por el etanol; (2) un período latente de 10-15 horas; (3) perturbaciones visuales y lesiones en el sistema

nervioso central. Las perturbaciones visuales pueden degenerar a ceguera y llegar al grado de edema de retina y atrofia de la cabeza del nervio óptico. Esta tercera etapa incluye dolor de cabeza, náusea, mareo, dolor abdominal, de piernas, de espalda y delirio que puede terminar en estado de coma<sup>(4)</sup>.

#### 4.19.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

Una exposición crónica a Metanol, ya sea de forma oral o por inhalación, causa dolor de cabeza, insomnio, problemas gastrointestinales y ceguera. Además causa conjuntivitis y mareos. El contacto con la piel de manera prolongada y en repetidas ocasiones puede causar dermatitis<sup>(4,6)</sup>.

#### 4.19.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

##### 4.19.3.5.1 Efectos Cardiovasculares

No se encontraron estudios referidos a los efectos cardiovasculares de la exposición, ingestión o contacto con Metanol.

##### 4.19.3.5.2 Efectos Hematológicos

No se encontraron estudios referidos a los efectos hematológicos de la exposición, ingestión o contacto con Metanol.

##### 4.19.3.5.3 Efectos Musculares

No se encontraron estudios referidos a los efectos músculo esqueléticos de la exposición, ingestión o contacto con Metanol.

##### 4.19.3.5.4 Efectos Hepáticos

No se encontraron estudios referidos a los efectos hepáticos de la exposición, ingestión o contacto con Metanol.

##### 4.19.3.5.5 Efectos Renales

No se encontraron estudios referidos a los efectos renales de la exposición, ingestión o contacto con Metanol.

##### 4.19.3.5.6 Efectos Neurológicos<sup>(5)</sup>

El Metanol causa depresión del sistema nervioso central y cambios en el sistema ocular. Dosis no letales pueden ocasionar ceguera.

#### 4.19.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA<sup>(12)</sup>

DL<sub>50</sub> (oral, ratas): 7,5 g/kg

CL<sub>50</sub> (inhalación, ratas): 64000 ppm/4horas

DL<sub>50</sub> (piel, conejos): 20 g/kg

Se ha investigado por cuenta de sus posibles efectos mutagénicos y reproductivos.

#### 4.19.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

##### 4.19.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

En el evento de emergencia, se deben suministrar procedimientos de primeros auxilios y remitir a la víctima para asistencia médica.

##### 4.19.5.1.1 Exposición en Ojos<sup>(9)</sup>

Si Metanol entra en contacto con los ojos, ellos se deben lavar inmediatamente con grandes cantidades de agua,

CH<sub>3</sub>OH

Metanol

levantando el párpado superior e inferior ocasionalmente. Se debe acudir por atención médica tan pronto como sea posible. Nunca se deben portar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento. La víctima siempre debe recibir atención médica.

#### **4.19.5.1.2 Exposición en la Piel** <sup>(9)</sup>

Si Metanol entra en contacto con la piel, se debe irrigar el área afectada con abundante agua. Si la ropa se moja con alcohol metílico, ésta se debe remover inmediatamente y se debe lavar la piel afectada con agua. Si se presenta irritación en la piel, se debe recibir atención médica lo más pronto posible.

#### **4.19.5.1.3 Inhalación** <sup>(9)</sup>

Si una persona aspira grandes cantidades de alcohol metílico, se debe ubicar la persona expuesta en un área de aire fresco en el menor tiempo posible. Si la respiración de la víctima se ha detenido, se deben administrar técnicas de respiración artificial. La persona afectada se debe mantener caliente y en reposo y debe recibir atención médica tan pronto como sea posible.

#### **4.19.5.1.4 Ingestión** <sup>(9)</sup>

Si una persona ha ingerido alcohol metílico, se debe prestar atención médica inmediata. Si no está disponible la atención médica, se debe inducir el vómito introduciendo un dedo en la garganta o administrando almíbar de ipecacuana directamente del envase. Esta es una droga que no requiere prescripción y que se encuentra disponible en muchas droguerías; debe existir una reserva de ella en el sitio de trabajo en caso de emergencia. No se debe inducir el vómito en una persona en estado de inconciencia. Para minimizar los efectos de esta sustancia en el organismo, se puede hacer ingerir a la persona afectada una cantidad equivalente a 100 ml de una bebida alcohólica concentrada como whisky o vodca. No se debe administrar nada por vía oral a una persona en estado de inconciencia.

#### **4.19.5.1.5 Rescate** <sup>(9)</sup>

La persona afectada se debe retirar del lugar de exposición evitando la exposición al peligro del rescatista o persona que dirija los procedimientos de primeros auxilios. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

#### **4.19.5.2 INCENDIOS** <sup>(6, 10)</sup>

Esta sustancia es altamente inflamable. En caso de la existencia de un incendio que involucre esta sustancia, se puede utilizar polvo químico seco, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades o dióxido de carbono. La llama producida por el Metanol es casi invisible a la luz del día, por lo que en caso de incendio es difícil de controlar. La llama no produce hollín, además, durante su combustión con escasa presencia de oxígeno permite la formación de formaldehído y monóxido de carbono.

#### **4.19.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS** <sup>(9)</sup>

Si se derrama o libera accidentalmente alcohol metílico, se deben realizar los siguientes procedimientos:

- Retirar cualquier posible fuente de ignición.
- Ventilación del área de fuga o derrame.
- Para pequeñas cantidades, absorber con toallas de papel. Evaporar en un lugar seguro (como dentro de una campana de gases). Permitir que transcurra el tiempo suficiente para la total evaporación dentro de la campana. Se debe quemar el papel en un lugar apropiado alejado de materiales combustibles.
- El derrame de grandes cantidades se puede coleccionar con materiales absorbentes apropiados y atomizar en una cámara de combustión apropiada. No se debe permitir que el alcohol metílico entre en espacios confinados tales como cloacas debido a la posibilidad de una explosión.

Personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben retirar de las áreas de fugas hasta que se hayan completado los procedimientos de limpieza.

#### 4.19.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 200 ppm (1994) <sup>(6, 8)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 200 ppm, 260 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(8, 9)</sup>

**PEL (TWA; OSHA para la industria de la construcción):** 200 ppm, 260 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(8, 9)</sup>

**STEL (TWA; 10 horas; NIOSH):** 250 ppm (Fecha de estudio no reportada) <sup>(6, 8)</sup>

**STEL (ACGIH):** 250 ppm (1994) <sup>(6, 8)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permissible de Exposición).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.19.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(9)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropa impermeable, guantes, caretas (mínimo de ocho pulgadas) y otros tipos de ropa protectora necesaria para prevenir cualquier contacto con la piel con alcohol metílico líquido.
- La ropa no impermeable que se contamine con Metanol deben ser colocada en contenedores cerrados para su almacenamiento hasta que pueda ser desechada o hasta que pueda removerse completamente el Metanol de la ropa. Si la ropa va a ser lavada, la persona encargada de dicha tarea debe conocer los riesgos de manipulación del alcohol metílico.
- La ropa no impermeable que se contamine con Metanol deben ser removidas inmediatamente y no usadas hasta que el Metanol sea removido por completo; para este procedimiento se pueden realizar procedimientos de lavado con agua y detergente, teniendo precaución de evitar la filtración del agua de lavado al sistema de alcantarillado.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras para que no exista alguna posibilidad que el alcohol metílico entre en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que Metanol o soluciones de él entren en contacto con los ojos de los trabajadores, debe proveerse una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Metanol o a sus soluciones, deben proveerse instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.

##### 4.19.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(9)</sup>

Como buena práctica de higiene industrial se recomienda que se deben usar controles de ingeniería para reducir las concentraciones de Metanol en el ambiente hasta niveles de exposición permisibles. Sin embargo, existen algunas excepciones donde se pueden usar respiradores para controlar la exposición. Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

CH<sub>3</sub>OH

Metanol

**Tabla 61. Protección respiratoria mínima para Metanol en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 200 ppm (OSHA)
Concentración de vapor hasta de 2000 ppm	Cualquier respirador de suministro de aire provisto externamente. Cualquier aparato de respiración.
Concentración de vapor hasta de 10000 ppm	Cualquier respirador de suministro aire con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa.
Concentraciones de vapor hasta de 25000 ppm.	Un respirador con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o con pieza facial completa yelmo o capucha operada en modo de flujo continuo.
Concentración de vapor mayores a 25000 ppm o concentraciones desconocidas	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Escape	Cualquier aparato de respiración autocontenido.

Tomada de "OSHA; Occupational Health Guideline for Methyl Alcohol" (9)

#### 4.19.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA <sup>(5)</sup>

- El Metanol y las mezclas de Metanol deben estar claramente etiquetadas con una advertencia de su toxicidad. Las etiquetas deben mostrar la palabra «Metanol» de forma clara y visible.
- El almacenamiento, los procesos y las plantas donde se manipula Metanol se deben diseñar para proteger al personal de riesgos de explosión e incendios. Además se deben instalar extinguidores en las áreas en las cuales el almacenamiento de Metanol sea muy grande.
- Los sitios de trabajo en los cuales está presente el Metanol deben estar provistos de ventilación adecuada para minimizar la exposición a inhalación. Donde sea necesario, el personal que manipula el Metanol debe estar provisto de ropa de protección adecuada para evitar contaminación de la piel.
- Se debe estar conciente del período latente posterior a la exposición, además de los síntomas provocados especialmente por la ingestión de Metanol. Se Deben reconocer las consideraciones asociadas a la existencia de subgrupos más sensibles, incluyendo aquellos donde se incrementa el riesgo de deficiencias.
- Para evitar usos indebidos, el Metanol usado como combustible se debe desnaturalizar y debe contener un aditivo de color.

##### 4.19.8.1 FRASES DE SEGURIDAD <sup>(6,7)</sup>

**S1/2:** Consérvese bajo llave y fuera del alcance de los niños

**S7:** Manténgase el recipiente bien cerrado

**S16:** Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas, no fumar

**S24:** Evítese el contacto con la piel

**S36/37:** Usense indumentaria y guantes de protección adecuados

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible muéstrela la etiqueta)

## 4.19.8.2 ALMACENAMIENTO <sup>(10)</sup>

### 4.19.8.2.1 Almacenamiento en Pequeña Escala

Pequeñas cantidades de Metanol para uso industrial y de laboratorio se almacenan en botellas de vidrio o en latas de metal; cantidades superiores a 200 litros se transportan y almacenan en tanques de acero. Algunos tipos de botellas plásticas y contenedores no se pueden usar debido a su permeabilidad y al peligro de disolución de los plastificantes. El polietileno de alta densidad y el propileno son adecuados, aunque el poli cloruro de vinilo y las poliamidas no lo son.

### 4.19.8.2.2 Almacenamiento a Gran Escala

Grandes cantidades de Metanol se almacenan en tanques diseñados de la misma forma que los utilizados en el almacenamiento de productos de petróleo; normalmente se utilizan tanques cilíndricos con capacidades desde cientos de metros cúbicos hasta de más 100.000 m<sup>3</sup>. para tanques de techo fijo, se deben adoptar medidas especiales, (por ejemplo atmósfera de nitrógeno) para prevenir la formación de una atmósfera de ignición en el espacio comprendido sobre la superficie del líquido. Pueden ocurrir emisiones de Metanol debido a las fluctuaciones de la superficie. Para prevenir esos problemas, los tanques de gran dimensión son provistos de techos flotantes; se debe prestar especial atención para evitar la entrada al tanque de agua proveniente de la lluvia.

Para tanques libres de anhídrido y dióxido de carbono, pueden construirse tubería y bombas de acero de grado normal; los sellos pueden ser de fibras minerales, grafito y metal <sup>(10)</sup>.

## 4.19.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES <sup>(9)</sup>

Tabla 62. Usos, generación y control de emisiones del Metanol

Uso / Generación	Control
Liberación durante aplicación en superficies como madera teñida, lacas de nitrocelulosa, formulaciones a prueba de agua y resinas fenólicas.	Ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección.
Usado como solvente de tintas de rotograbado, anilinas y fluidos duplicadores.	Ventilación general mecánica.
Liberación durante aplicación manual de Metanol como limpiador de superficies de cuero, guantes y metales, además de superficies de resinas previo a tratamiento adicional.	Ventilación general mecánica; equipo de protección.
Liberación durante la producción de formaldehído por oxidación o deshidrogenación.	Ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección.
Usado en la industria de los plásticos para la producción de agentes plastificantes y resinas acrílicas.	Extremada ventilación local; extremada ventilación general mecánica; equipo de protección.
Liberación durante su uso como intermediario en la preparación de metacrilato, metil cloruro, metil éter, dimetil sulfato, metil formiato y metil bromuro.	Extremada ventilación local; extremada ventilación general mecánica; equipo de protección.
Liberación durante la aplicación como extractor en procesos químicos tales como refinamiento de gasolinas y aceites y purificación de productos farmacéuticos como esteroides y hormonas.	Extremada ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección.
Usado como solvente en la industria del caucho.	Extremada ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección.

#### **4.19.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE**

El Metanol es una sustancia de volatilización rápida en el aire aún a temperatura ambiente; también se evapora con rapidez a partir de mezclas acuosas o terreno contaminados o humedecidos con esta sustancia. Por esta razón, la mayoría de escapes de Metanol van dirigidas hacia la atmósfera. Una vez en el aire, se descompone o se transforma en otras sustancias por acción de radiaciones solares y por reacción con químicos constitutivos del aire presentes de forma natural o artificial. Los microorganismos que viven en el agua y la tierra también pueden degradar el Metanol <sup>(4)</sup>.

El Metanol se degrada fácilmente en el medio ambiente mediante procesos de foto oxidación y biodegradación. La vida media para el Metanol en la atmósfera se ha reportado entre 7 y 18 días para la reacción atmosférica con radicales hidroxilo. Las emisiones ocurridas durante usos industriales son tan bajas que su repercusión se puede ignorar. Esta situación puede variar si se considera el uso del Metanol como un sustituto a gran escala de los combustibles actuales. <sup>(10)</sup>

Los catalizadores utilizados en la producción de Metanol contienen generalmente agentes auxiliares y de soporte como componentes activos que presentan gran potencial de generación de residuos al medio ambiente, estos incluyen cobre (síntesis), níquel (generación del gas), cobalto y molibdeno (desulfurización). En plantas de proceso bien diseñadas y operadas estos metales por lo general se recuperan y reutilizan <sup>(10)</sup>.

Hay muchos géneros y cepas de microorganismos capaces de utilizar el Metanol como sustrato de crecimiento degradándolo por completo hasta anhídrido carbónico y agua. El Metanol es fácilmente degradable en condiciones tanto aerobias como anaerobias en una amplia variedad de medios naturales, entre ellos agua dulce y salada, sedimentos y suelos, agua freática, material de acuíferos y aguas residuales industriales; el 70% del Metanol de los alcantarillados se suele degradar en un plazo de 5 días. <sup>(5)</sup>

El Metanol es poco tóxico para los organismos acuáticos y terrestres y no es probable que se observen efectos debidos a su exposición en el medio ambiente, excepto en el caso de un derrame.

##### **4.19.10.1 AIRE <sup>(4, 5, 10)</sup>**

El Metanol reacciona en la atmósfera con especies oxidantes. Se ha reportado que la vida media del Metanol por causa de estas reacciones es de aproximadamente 8.4 días.

La reacción del Metanol con dióxido de nitrógeno puede ser la mayor fuente de nitrito de metilo encontrado en atmósferas contaminadas.

Los niveles de Metanol en el aire se encuentran entre menos de 0,001 mg/m<sup>3</sup> (0,8 ppm) en el aire del medio rural y cerca de 0,04 mg/m<sup>3</sup> (30 ppm) en el aire urbano.

##### **4.19.10.2 AGUA <sup>(4, 5, 10)</sup>**

Los efluentes que contienen las mayores proporciones de Metanol son provenientes de plantas químicas, tratamiento de aguas residuales, producción de papel y de látex.

Se han reportado valores muy amplios para la vida media del Metanol en agua por reacciones de foto-oxidación, algunos son tan largos como 5.1 años y otros más cortos de 46.6 días, estos valores se han basado en información para la reacción de los radicales hidroxilo en soluciones acuosas.

##### **4.19.10.3 SUELO <sup>(4, 5, 10)</sup>**

El Metanol es biodegradable en el suelo y sedimentos, ambos bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas. El Metanol es un sustrato de crecimiento para muchos microorganismos, los cuales son capaces de mineralizarlo completamente a monóxido de carbono y agua.

La velocidad de degradación del Metanol varía considerablemente dependiendo del tipo de suelo en el que se libere,

de esta forma, los suelos pueden caracterizarse en dos clases básicamente; los rápidos, en los cuales la velocidad de degradación es elevada y se incrementa con la adición de nitratos o sulfato y los lentos, en los cuales la velocidad de biodegradación es baja y decrece aún más con la adición de nitrato o sulfato, y la inhibición del sulfato incrementa la velocidad de degradación. Las velocidades de biodegradación se usaron para estimar la vida media del Metanol, encontrando valores entre 58 y 263 días.

#### 4.19.11 ECOTOXICIDAD <sup>(11)</sup>

##### Toxicidad en peces

*Pimephales promelas* LC<sub>50</sub>, 24 horas: 29700 mg/l

*Leponimis macrochirus* LC<sub>50</sub>, 24 horas: 19100 mg/l

##### Toxicidad en Invertebrados

*Daphnia pulex* LC<sub>50</sub>, 18 horas: 19500 mg/l

*Crangon crangon* LC<sub>50</sub>, 48 horas: 1975 mg/l

##### Toxicidad en Microorganismos

*Photobacterium phosphoreum* LC<sub>50</sub>, 4 horas: 7690 mg/l

*Paramecium caudatum* LC<sub>50</sub>, 10 minutos: 44 860 mg/l

#### 4.19.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION <sup>(10)</sup>

En la producción de Metanol, generalmente no se forman residuos que presenten serios problemas ambientales. Todos los subproductos son utilizados en su mayoría, por ejemplo, los condensados se pueden procesar en la caldera de agua de alimentación y los gases residuales de los subproductos de bajo punto de ebullición se pueden usar para la producción de energía. Los únicos productos de desecho que presentan algunas dificultades son los residuos generados en los fondos a partir de la destilación del Metanol puro; estos contienen agua, Metanol, etanol, alcoholes pesados, otros compuestos orgánicos oxigenados y una variable cantidad de parafinas. Las sustancias orgánicas solubles en agua sufren rápidamente degradación biológica; las sustancias insolubles se pueden incinerar de forma segura en una unidad incineradora de desechos común. En algunos casos, esta agua residual se somete también a una destilación purificadora y la mezcla resultante de alcoholes, ésteres, cetonas y alifáticos se adiciona en pequeñas cantidades a mezclas combustibles.

Aunque el Metanol se degrada con gran rapidez en el ambiente y representa baja toxicidad para organismos acuáticos, se debe tener cuidado para prevenir derrames de grandes cantidades de Metanol para evitar la contaminación de aguas subterráneas y potables.

Un exceso de Metanol y material de desecho que contenga esta sustancia se debe ubicar en un contenedor apropiado, claramente etiquetado y manipulado de acuerdo a la guía de disposición de desecho de su institución.

Todas las plantas de producción de Metanol incluyen sistemas de ventilación adecuados para evitar la exposición a vapores.

#### 4.19.13 BIBLIOGRAFÍA

1. United States Environmental Protection Agency (EPA). Toxic Release Inventory [en línea]. Marzo de 2001 [citado mayo 31 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/tri/chemical/chemlist2001.pdf>
2. United States Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS Substances, Methanol [en línea]. Julio de 1988 [citado mayo 31 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0305.htm>

CH<sub>3</sub>OH

Metanol

3. *United States Environmental Protection Agency (EPA). Chemicals in the Environment. Methanol [en línea]. Agosto de 1994 [citado mayo 31 de 2003]. Disponible en [http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/ff\\_methan.txt](http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/ff_methan.txt)*
4. *United States Environmental Protection Agency (EPA). Chemicals in the Environment. Methanol [en línea]. Agosto de 1994 [citado mayo 31 de 2003]. Disponible en [http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/fs\\_methan.txt](http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/fs_methan.txt)*
5. *Organización Mundial de la Salud (OMS). Environmental Health Criteria 196, Methanol [en línea]. 1997 [citado en mayo 31 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc196.htm>*
6. *Organización Mundial de la Salud (OMS). International Chemical Safety Cards, Methanol [en línea]. Abril de 2003 [citado en Mayo 31 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc00/icsc0057.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc00/icsc0057.htm)*
7. *Organización Internacional del Trabajo (OIT). Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado mayo 31 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>*
8. *Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Chemical Sampling Information, Methyl Alcohol [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado febrero de 2000 [citado mayo 31 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_251600.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_251600.html)*
9. *Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Occupational Safety and Health Guideline for Methyl Alcohol [en línea]. 1978 [citado mayo 31 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0397.pdf>*
10. *Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman 's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 16; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.*
11. *Mallinckrod, Baker Inc. Material Safety Data Sheet, Methanol [en línea]. Noviembre de 2001, [citado Mayo 31 de 2003]. Disponible en <http://www.jtbaker.com/msds/spanishhtml/M2015.htm>*
12. *Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). Software Dataquim. Hoja de Datos de Seguridad, Metanol. Última actualización 2003. Bogotá, Colombia.*

Metanol

4.20

Monóxido de plomo

- 4.20.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.20.1.1 SINONIMOS
  - 4.20.1.2 DESCRIPCION
  - 4.20.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.20.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.20.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.20.1.5.1 Incompatibilidades
  
- 4.20.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.20.2.1 PRODUCCION
  - 4.20.2.2 APLICACIONES Y USOS
  
- 4.20.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.20.3.1 INHALACION
  - 4.20.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.20.3.3 INGESTION
  - 4.20.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.20.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
  
- 4.20.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
  
- 4.20.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.20.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.20.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.20.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.20.5.1.3 Inhalación
    - 4.20.5.1.4 Ingestión
    - 4.20.5.1.5 Rescate
  - 4.20.5.2 INCENDIOS
  - 4.20.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
  
- 4.20.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
  
- 4.20.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.20.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

**4.20.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA**

**4.20.8.1 FRASES DE SEGURIDAD**

**4.20.8.2 ALMACENAMIENTO**

**4.20.8.2.1 Almacenamiento a Pequeña escala**

**4.20.8.2.2 Almacenamiento a Gran Escala**

**4.20.9 USOS Y CONTROLES**

**4.20.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE**

**4.20.10.1 AIRE**

**4.20.10.2 AGUA**

**4.20.10.3 SUELO**

**4.20.11 ECOTOXICIDAD**

**4.20.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICIÓN**

**4.20.13 BIBLIOGRAFÍA**

#### 4.20.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(7, 10)</sup>

Fórmula Molecular: PbO

CAS: 1317-36-8

Número UN: 3288

Clase de Riesgo Principal UN: 6.1

##### 4.20.1.1 SINÓNIMOS <sup>(7, 9)</sup>

Oxido de Plomo, Oxido de Plomo (II), Oxido Plumboso, Oxido de Plomo Amarillo, litargirio, Massicot, Cal de Plomo, Amarillo Regio, Amarillo Nuevo.

##### 4.20.1.2 DESCRIPCIÓN

El Monóxido de Plomo existe en dos formas, cristales tetragonales rojos (litargirio) estables a temperatura ambiente y cristales ortorrómbicos amarillos (massicot) estables a temperaturas superiores a 489 °C. Es insoluble en agua, soluble en Acido Nítrico, Alcalis, Acetato de Plomo, Cloruro de Amonio, Cloruro de Calcio y Cloruro de Estroncio. Los grados comerciales en los que esta sustancia se encuentra disponible incluyen el estado de químico puro (no tiene impurezas detectables), fundido y en polvo <sup>(8, 11)</sup>.

##### 4.20.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES <sup>(7)</sup>

Componente	Contenido	Peligro
Oxido de Plomo	98 - 100%	SI

##### 4.20.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(5, 7, 8)</sup>

Tabla 63. Propiedades físicas para el Monóxido de Plomo

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	223,2
Estado Físico	Sólido
Punto de Ebullición (°C) )(760 mmHg)	1.472
Punto de Fusión (°C)	888
Presión de Vapor (mmHg)	20; 1.134 °C 200; 1.330 °C
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	No se encontró información
Gravedad Específica (Agua = 1)	9,53
Densidad del Vapor (Aire = 1)	No encontró información
pH	Base fuerte
Solubilidad en Agua (mg/l)	Insoluble
Límites de Inflamabilidad (% vol)	No reportado
Temperatura de Auto Ignición (°C)	No reportado
Punto de Inflamación (°C)	No reportado
Temperatura de descomposición (°C)	1.472

##### 4.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

Estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento. Puede formar vapores metálicos tóxicos cuando se calienta hasta la descomposición. No ocurre polimerización <sup>(7)</sup>.

##### 4.1.5.1 Incompatibilidades

El monóxido de plomo es incompatible con Peróxido de Hidrógeno, Carburo de Litio, Cloro, Etileno, Flúor, Sulfuros, Acetileno, Aluminio, Agentes Reductores Fuertes, Materiales Combustibles, Metales Químicamente Activos y con el calor <sup>(7)</sup>.

## 4.20.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

### 4.20.2.1 PRODUCCIÓN

Existen cuatro procesos industriales importantes para la producción de Monóxido de Plomo, todos los casos involucran la oxidación directa del plomo fundido con aire y enfriamiento rápido del producto a temperaturas inferiores a 300 °C par evitar la formación de Plomo Rojo (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). En tres de los procesos las partículas resultantes se muelen<sup>(8,11)</sup>.

### 4.20.2.2 APLICACIONES Y USOS

La mayor aplicación del Monóxido de Plomo se encuentra en la industria de las baterías, en donde se usa en la preparación de la pasta activa del electrodo en la rejilla. Además tiene un amplio uso en la producción de vidrios ópticos, eléctricos y electrónicos, así como en preparación de vidriería fina. Otra aplicación importante es el uso en la industria del caucho y las pinturas, en donde se utiliza como agente vulcanizante y en la preparación de jabones de plomo que se emplean como secantes de barnices. También se utiliza en lubricantes de alta temperatura, como neutralizante en síntesis orgánica y como estabilizante térmico para plásticos. Es una materia prima en la producción de pigmentos<sup>(9)</sup>.

## 4.20.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

### Frases de Riesgo<sup>(13)</sup>

**R61:** Riesgo durante el embarazo de efectos adversos sobre el feto

**R62:** Posible riesgo de perjudicar la fertilidad

**R20/22:** Nocivo por inhalación y por ingestión

**R33:** Peligro de efectos acumulativos

**R50/53:** Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático

La toxicidad del Monóxido de Plomo esta asociada a la presencia del plomo en dicha molécula. La exposición a esta sustancia se presenta principalmente por inhalación o ingestión. La adsorción por la piel es mínima. El Plomo dentro del organismo no se transforma en otras especies, se acumula y permanece en el cuerpo por largos periodos de tiempo. La inhalación o ingestión de Monóxido de Plomo puede ser fatal<sup>(3,4,7)</sup>.

Una vez el Plomo ingresa al organismo pasa rápidamente al torrente sanguíneo y se distribuye de forma no homogénea en el cuerpo, al poco tiempo ingresa al tejido blando: hígado, riñones, pulmones, cerebro, bazo, músculos y corazón, seguido de una distribución lenta a los huesos y en algunos casos se puede acumular en los dientes. La vida media del Plomo en la sangre y el tejido blando es de alrededor de 28-36 años, pero puede ser mucho mayor en los huesos. El Plomo que no se almacena en los huesos se elimina en pocas semanas por medio de la orina y las heces<sup>(3,4)</sup>.

La exposición a Monóxido de Plomo puede causar irritación de la piel, ojos, y aparto respiratorio. Afecta el tejido de las encías, sistema nervioso central, riñones, sangre y sistema reproductivo. El Plomo afecta casi todos los órganos y sistemas del cuerpo. El más susceptible es el sistema nervioso central. Los efectos son los mismos si es ingerido o inhalado. Exposición a altos niveles causa debilidad en dedos, muñecas y tobillos, puede afectar el sistema reproductivo masculino y posiblemente afecta la memoria. Además causa anemia, disminución de las células sanguíneas y alteración de las funciones nerviosas, estos efectos no se han podido relacionar con exposiciones a bajos niveles<sup>(2,3)</sup>.

### 4.20.3.1 INHALACIÓN

La inhalación es la forma predominante de exposición a los compuestos de Plomo, especialmente para los trabajadores que manipulan este tipo de sustancias. Los compuestos de Plomo se absorben a través del sistema respiratorio, causando irritación local de bronquios y pulmones. En casos de exposición aguda además se produce dolor pectoral y abdominal, incremento de los niveles de plomo en la sangre y sabor metálico<sup>(4,7)</sup>.

### 4.20.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS

Los compuestos de Plomo se pueden absorber a través de la piel con la exposición prolongada afectando la sangre y las funciones cerebrales. Exposición por cortos periodos a compuestos de plomo causa irritación local, enrojecimien-

to y dolor. Cuando los compuestos de plomo entran en contacto con los ojos se absorben a través de los tejidos oculares, causando irritación o abrasión local <sup>(7)</sup>.

#### **4.20.3.3 INGESTIÓN**

La exposición a los compuestos de Plomo por vía oral se presenta principalmente por la ingestión de alimentos o agua contaminados. Los síntomas de envenenamiento se manifiestan por dolor y espasmos abdominales, náusea, vómito y dolor de cabeza. La ingestión de pequeñas cantidades tiene efectos en la sangre y las funciones cerebrales. Exposición aguda desarrolla anemia, pérdida del apetito, insomnio, mareo, daño en los riñones, fuerte dolor estomacal, debilidad muscular, pigmentación punteada de color azul en las encías (línea de plomo), aumento en los niveles de Plomo en la sangre y la orina, daño cerebral, shock, coma y muerte en casos extremos <sup>(2, 3, 5, 7)</sup>.

#### **4.20.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

Exposición prolongada a compuestos de Plomo provoca acumulación de plomo en los tejidos y una notable acumulación en los huesos como consecuencia de la pobre eliminación del Plomo que ingresa al organismo. La exposición crónica causa alteraciones del estado anímico, disturbios visuales, hipertensión y presencia de coloración gris en la cara <sup>(3, 7)</sup>.

#### **4.20.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

Todos los estudios realizados en animales han mostrado que el Plomo tiene efectos adversos en la mayoría de órganos y sistemas del cuerpo, así como efectos biológicos, efectos a nivel intracelular y del funcionamiento general del cuerpo. Dependiendo del nivel y duración de la exposición se presenta desde inhibición de enzimas hasta cambios morfológicos marcados que pueden causar la muerte. Los niños generalmente son más vulnerables a los efectos generados por la intoxicación de compuestos de Plomo que los adultos <sup>(4)</sup>.

##### **4.20.3.5.1 Efectos Cardiovasculares**

Los compuestos de Plomo tienen un efecto indirecto en el corazón que está asociado al sistema nervioso autónomo. Estudios han demostrado que el Plomo está asociado con pequeños incrementos en la presión arterial (hipertensión), pero esto se considera como un efecto de menor importancia <sup>(4)</sup>.

##### **4.20.3.5.2 Efectos Hematológicos**

Se ha observado que concentraciones superiores a 40 µg/l de Plomo en la sangre provocan una disminución en la síntesis de hemoglobina y anemia <sup>(4)</sup>.

##### **4.20.3.5.3 Efectos Musculares**

No se han reportado efectos adversos en músculos o huesos provocados por exposición a compuestos de plomo.

##### **4.20.3.5.4 Efectos Hepáticos**

No se han reportado efectos adversos al sistema hepático provocados por exposición a compuestos de Plomo.

##### **4.20.3.5.5 Efectos Renales**

Los compuestos de Plomo causan daño en los conductos renales que se manifiesta con la presencia de aminoácidos, fosfatos y azúcares en la orina, cambios en corpúsculos celulares y aumento del volumen celular de las células epiteliales del conducto renal. Si la exposición es por corto tiempo no se presenta daño renal <sup>(4)</sup>.

##### **4.20.3.5.6 Efectos Endocrinos**

No se han reportado efectos adversos en las glándulas provocados por exposición a compuestos de Plomo.

##### **4.20.3.5.7 Efectos Inmunológicos**

No se han reportado efectos adversos al sistema inmunológico provocados por exposición a compuestos de Plomo.

PbO

Monóxido de plomo

#### 4.20.3.5.8 Efectos Neurológicos

La exposición a compuestos de Plomo afecta el sistema nervioso central. La exposición prolongada de trabajadores causa trastornos de las funciones neurológicas y psicológicas, enfermedad neurológica del sistema nervioso periférico (neuropatía periférica) y disminución de la velocidad de transferencia de impulsos nerviosos. Estudios realizados muestran que exposición a compuestos de plomo puede causar disminución del coeficiente intelectual, deficiencia de las funciones cognitivas, como por ejemplo disminución de la capacidad de memorizar, y alteraciones de las funciones del sistema nervioso autónomo <sup>(4)</sup>.

### 4.20.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL<sub>50</sub> (oral, perros): 1.400 mg/kg <sup>(12)</sup>

#### 4.20.4.1 CANCER

La información disponible en animales suministra evidencia del efecto potencial cancerígeno de los compuestos de plomo, pero en humanos, se considera inadecuada para refutar o demostrar el potencial efecto cancerígeno <sup>(1,2,4,7)</sup>.

La IARC (International Agency for Research on Cancer) clasifica el monóxido de plomo como sustancia probablemente cancerígeno para humanos, en la lista 2B <sup>(6)</sup>.

#### 4.20.4.2 MUTAGENESIS

Los compuestos de Plomo afectan los procesos moleculares asociados con la regulación de las expresiones genéticas. Además la presencia de monóxido de plomo incrementa la posibilidad de penetración de virus que contienen DNA (adenovirus) como los causantes de faringitis, conjuntivitis y procesos respiratorios agudos <sup>(1)</sup>.

#### 4.20.4.3 TERATOGENESIS

Los compuestos de Plomo pueden inducir malformaciones en los cromosomas, resultando en posibles malformaciones fetales <sup>(1)</sup>.

#### 4.20.4.4 EFECTOS REPRODUCTIVOS

Los efectos reproductivos por exposición a los compuestos de Plomo en los hombres están relacionados con la disminución y cambios morfológicos de los espermatozoides, en mujeres embarazadas se han reportado efectos adversos como la transferencia de plomo al feto. Altos niveles de exposición causan abortos en mujeres embarazadas y daños en los órganos responsables de la producción de espermatozoides en los hombres <sup>(3,4,5)</sup>.

### 4.20.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

#### 4.20.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

En caso de una emergencia, llevar a la víctima lejos del lugar de exposición, solicitar asistencia médica e iniciar los procedimientos de emergencia.

##### 4.20.5.1.1 Exposición en Ojos

Lavar los ojos inmediatamente con abundante agua, por lo menos durante 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente. No se debe permitir que la víctima se frote los ojos. No se deben usar lentes de contacto cuando se está trabajando con esta sustancia. Solicitar atención médica inmediata <sup>(7,12)</sup>.

##### 4.20.5.1.2 Exposición en la Piel

Se debe lavar la piel inmediatamente con abundante agua y jabón por lo menos durante 15 minutos. Quitar la ropa y zapatos contaminados. Lavar la ropa antes de usarla nuevamente. Limpiar los zapatos completamente antes de usarlos de nuevo.

#### 4.20.5.1.3 Inhalación

Retirar la víctima al aire fresco lejos de la fuente de exposición. Si la víctima está consciente hacer que limpie sus vías nasales. Si la persona no respira, dar respiración artificial. Si la respiración se dificulta suministrar Oxígeno por medio de una máscara. Solicitar atención médica inmediata<sup>(7, 12)</sup>.

#### 4.20.5.1.4 Ingestión

Si la víctima está consciente y alerta suministrar grandes cantidades de agua. No se recomienda inducir el vómito por personas inexpertas en la prestación de primeros auxilios debido al riesgo de broncoaspiración presente en este procedimiento. Nunca administrar nada por vía oral a una persona inconsciente. Solicitar atención médica inmediata<sup>(7, 12)</sup>.

#### 4.20.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejorar el desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad<sup>(5)</sup>.

### 4.20.5.2 INCENDIOS

Este material no es combustible y no presenta peligro de explosión. Utilizar un medio apropiado para extinguir el fuego de los alrededores. Puede emitir humos tóxicos de plomo cuando se calienta a su temperatura de descomposición y por tal motivo el personal de emergencias debe portar equipo de seguridad que incluya equipos de respiración<sup>(7, 12)</sup>.

### 4.20.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

Se deben llevar a cabo las siguientes recomendaciones<sup>(5, 7, 12)</sup>:

- Se deben retirar todas las posibles fuentes de ignición
- Se debe ventilar la zona de derrame
- Limitar el tráfico de personas y vehículos para minimizar la dispersión
- Emplear equipo de vacío con filtro para retirar el material derramado.
- Si el equipo de vacío no está disponible utilizar escoba y recogedor evitando la generación de polvos. El material residual se debe retirar utilizando el proceso de barrido en húmedo para evitar la generación de material en suspensión
- Para la disposición del material residual se debe recolectar para disponerlo apropiadamente
- Si el derrame o fuga involucra un líquido que contiene monóxido de plomo absorber con una toalla de papel, arena seca, tierra o un material similar. Ubicar en un lugar apropiado

Personas que no tengan equipo y ropa de protección se deben retirar de las áreas donde se presenten derrames o fugas hasta que se hallan limpiado por completo.

### 4.20.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 0,05 mg/m<sup>3</sup> (2001)<sup>(6, 7)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 0,05 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada)<sup>(6, 7)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 0,05 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada)<sup>(6)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

### 4.20.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL<sup>(5, 7, 12)</sup>

- Los trabajadores deben estar provistos y obligados a usar ropa de protección química apropiada, que incluya botas y guantes de caucho o cuero.
- Los trabajadores deben estar provistos y obligados a usar barreras faciales de mínimo 8 pulgadas y gafas de seguridad que provean protección contra impacto y ataque químico.

PbO

Monóxido de plomo

- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Monóxido de Plomo se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- Donde exista alguna posibilidad que Monóxido de Plomo entre en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

#### 4.20.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Se debe recalcar que el uso de respiradores (máscaras de respiración) es el último método de control de exposición de trabajadores y no debe ser usado como única forma de prevención de minimización de la exposición durante operaciones de rutina. Sin embargo, existen algunas excepciones para las cuales los respiradores pueden ser usados para el control de emisiones: cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación <sup>(5)</sup>.

**Tabla 64. Protección respiratoria mínima para Monóxido de Plomo en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 100 µg/m <sup>3</sup> (OSHA)
Concentración de partículas de hasta 0.5 mg/m <sup>3</sup>	Cualquier respirador con suministro de aire. Cualquier respirador de purificación de aire con filtro de alta eficiencia para material particulado. Cualquier dispositivo de respiración autocontenido.
Concentración de partículas de hasta 1.25 mg/m <sup>3</sup>	Cualquier respirador de purificación de aire operado automáticamente con filtro de alta eficiencia para material particulado. Cualquier respirador con suministro de aire operado en un modo de flujo continuo.
Concentración de partículas de hasta 2.5 mg/m <sup>3</sup>	Cualquier respirador de purificación de aire con pieza facial completa y filtro de alta eficiencia para material particulado. Cualquier respirador de purificación de aire operado automáticamente con pieza facial completa y filtro de alta eficiencia para material particulado. Cualquier dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa. Cualquier respirador con suministro de aire con pieza facial completa. Cualquier respirador con suministro de aire y pieza facial completa operado en modo de flujo continuo.
Concentración de partículas de hasta 50 mg/m <sup>3</sup>	Cualquier respirador con suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Concentración de partículas de hasta 100 mg/m <sup>3</sup>	Cualquier respirador con suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Concentraciones mayores a 100 mg/m <sup>3</sup> o concentraciones desconocidas	Cualquier dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Cualquier respirador con suministro de aire de pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva en combinación con un dispositivo auxiliar de respiración autocontenido operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva.
Lucha contra incendios	Cualquier dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier respirador de purificación de aire con pieza facial completa y filtro de alta eficiencia para material particulado. Cualquier dispositivo de respiración para evacuación con respiración autocontenido.

Tomado de "Occupational Health Guideline for Inorganic Lead, OSHA" <sup>(5)</sup>

## 4.20.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

### 4.20.8.1 FRASES DE SEGURIDAD <sup>(13)</sup>

S53: Evítese la exposición – recábense instrucciones especiales antes de su uso

S45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible muéstrela la etiqueta)

S60: Elimínese el producto y su recipiente como residuos peligrosos

S61: Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de seguridad

### 4.20.8.2 ALMACENAMIENTO

Almacenar en lugares bien ventilados, frescos y secos. Los contenedores de almacenamiento deben estar cerrados herméticamente y protegidos del daño físico para prevenir derrames. Se deben señalar las áreas donde puede presentarse exposición a monóxido de plomo y crear accesos restringidos solo para personas autorizadas. Evitar el contacto con oxidantes y metales activos químicamente, debido a la posibilidad de presentar reacciones violentas. No se debe permitir comer, beber o fumar en las áreas donde se manejan, procesan o almacenan sólidos o líquidos que contengan compuestos de Plomo <sup>(7, 12)</sup>.

## 4.20.9 USOS Y CONTROLES

Todas las operaciones que impliquen la presencia de monóxido de plomo en el lugar de trabajo se debe utilizar ventilación local, equipo de protección personal, aislamiento del proceso y control en la generación de polvos cuando este pueda estar presente.

## 4.20.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

A causa de las actividades humanas grandes cantidades de compuestos de Plomo se pueden liberar en el suelo o el agua, sin embargo, tales materiales tienden a permanecer localizados a causa de la baja solubilidad de estos compuestos en agua. Una vez el plomo se encuentra en el suelo se adhiere a las partículas sólidas. Algunas de estas sustancias se degradan por acción de la luz solar, el aire y el agua a otras formas de plomo. En áreas donde el aire, el agua y el suelo están contaminados con plomo se pueden incrementar los niveles de Plomo en plantas y animales <sup>(2,3,4)</sup>.

### 4.20.10.1 AIRE

Los compuestos de Plomo se remueven del aire por la lluvia y por deposición por vía seca de partículas en la tierra o sobre la superficie del agua <sup>(3)</sup>.

### 4.20.10.2 AGUA

Los compuestos de Plomo pueden ingresar a los ríos, lagos y el vapor de agua en pequeñas cantidades a causa de la remoción de partículas sólidas por la lluvia. El Plomo puede permanecer en el agua por muchos años al mantenerse adherido a partículas sólidas. Los compuestos de plomo en agua se pueden combinar con diferentes químicos dependiendo de la acidez y la temperatura del agua <sup>(3)</sup>.

### 4.20.10.3 SUELO

No se ha reportado información sobre los efectos que los compuestos de Plomo puedan causar en el suelo.

## 4.20.11 ECOTOXICIDAD

Exposiciones agudas a elevadas concentraciones causa la muerte de algunos animales y disminuye la velocidad de crecimiento de algunas plantas. Esta sustancia puede acumularse en organismos vivos. Para proteger la vida marina las concentraciones de plomo en el agua no deben exceder 668 µg/l para exposiciones agudas y 25 µg/l para exposiciones crónicas <sup>(7, 12)</sup>.

PbO

Monóxido de plomo

#### 4.20.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

Todo el material residual que se pueda reciclar o recuperar se debe empaquetar en contenedores de reciclaje. El material que no se pueda reciclar o recuperar se debe manejar en una instalación para eliminación de desechos apropiada a las características de desecho peligroso que posee el Monóxido de Plomo<sup>(7, 12)</sup>.

#### 4.20.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS substances, lead and compound (inorganic) [en línea]. Marzo de 1988 [citado agosto 4 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0277.htm>
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. ToxFAQ's for Lead [en línea]. Junio de 1999 [citado agosto 4 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts13.html>
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Statement for Lead [en línea]. Agosto de 1997 [citado agosto 4 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs13.html>
4. Organización Mundial de la Salud (OMS). Environmental Health Criteria 165, Inorganic Lead [en línea]. 1995 [citado agosto 4 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc165.htm>
5. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Occupational Health Guideline for Inorganic Lead [en línea]. 1988, [citado agosto 4 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0368.pdf>
6. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Chemical Sampling Information, Lead, Inorganic (as Pb) [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado noviembre de 2000 [citado agosto 4 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_249110.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_249110.html)
7. Mallinckrodt, Baker Inc. Material Safety Data Sheet, Lead Monoxide [en línea]. Noviembre de 2001, [citado agosto 4 de 2003]. Disponible en <http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/13478.htm>
8. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 15; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
9. Kirk & Othmer; Encyclopedia of Chemical Technology; Interscience Publishers; John Wiley & Sons, Inc.; New York, USA, 1996.
10. Aldrich Chemical Company Inc. Material Safety Data Sheet. Lead (II) Oxide [en línea]. Noviembre de 2001, [citado agosto 4 de 2003]. Disponible en [http://www.camd.lsu.edu/msds/1/lead\\_oxide.htm](http://www.camd.lsu.edu/msds/1/lead_oxide.htm)
11. National Toxicology Program. NTP Summary of Data, Lead Oxide / Lead Sulfide [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado Agosto de 2001 [citado agosto 4 de 2003]. Disponible en [http://ntp-support.niehs.nih.gov/NTP\\_Reports/NTP\\_Chem\\_HS\\_HTML/NTP\\_MSDS/HS\\_1317-36-8.html](http://ntp-support.niehs.nih.gov/NTP_Reports/NTP_Chem_HS_HTML/NTP_MSDS/HS_1317-36-8.html)
12. Hammon Group. Inc. Material Safety Data Sheet, Lead Monoxide (litargirio) [en línea]. Febrero de 2002, [citado agosto 4 de 2003]. Disponible en <http://www.hammondlead.com/LITHMSDS.pdf>
13. Organización Internacional del Trabajo (OIT). International Chemical Safety Cards, Lead Monoxide [en línea]. Octubre de 2002 [citado agosto 4 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc02/icsc0288.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc02/icsc0288.htm)

4.21

Permanganato de potasio

- 4.21.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.21.1.1 SINONIMOS
  - 4.21.1.2 DESCRIPCION
  - 4.21.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.21.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.21.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.21.1.5.1 Incompatibilidades
  
- 4.21.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.21.2.1 PRODUCCION
    - 4.21.2.1.1 Proceso de Fusión
    - 4.21.2.1.2 Oxidación Anódica de Manganeseo (VI)
  - 4.21.2.2 APLICACIONES Y USOS
  
- 4.21.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.21.3.1 INHALACION
  - 4.21.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.21.3.3 INGESTION
  - 4.21.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.21.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
  
- 4.21.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
  
- 4.21.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.21.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.21.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.21.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.21.5.1.3 Inhalación
    - 4.21.5.1.4 Ingestión
  - 4.21.5.2 INCENDIOS
  - 4.21.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
  
- 4.21.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

- 4.21.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.21.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
  
- 4.21.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.21.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.21.8.2 ALMACENAMIENTO
- 4.21.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.21.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.21.10.1 AIRE
  - 4.21.10.2 AGUA
  - 4.21.10.3 SUELO
  
- 4.21.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.21.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION
  
- 4.21.13 BIBLIOGRAFÍA

**4.21.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA** <sup>(1,2)</sup>**Fórmula:** KMnO<sub>4</sub>**CAS:** 7722 – 64 – 7**Número UN:** 1490**Clase de Riesgo Principal UN:** 5.1**4.21.1.1 SINÓNIMOS** <sup>(1,2)</sup>

Sal de Potasio del Acido Permangánico; Material Camaleón.

**4.21.1.2 DESCRIPCIÓN** <sup>(3,4)</sup>

El Permanganato de Potasio es uno de los compuestos de Manganeso más importantes y es irremplazable en numerosos procesos. Es sólido a temperatura ambiente, sus cristales son de color púrpura oscuro, con frecuencia su apariencia es violeta azulada debido a una pequeña reducción superficial.

Tiene un sabor dulce astringente aunque no posee olor. El calor genera su descomposición a 240 °C, liberando Oxígeno e incrementando la temperatura, debido a que es una reacción exotérmica. Es soluble en agua formando soluciones desde rosadas hasta púrpura oscuro dependiendo de la concentración; también es soluble en Alcohol Metílico, Acido Acético, Acetona y Piridina.

**4.21.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES** <sup>(2)</sup>

Ingrediente	Contenido	Peligroso
Permanganato de Potasio	90 - 100%	Sí

El Permanganato de Potasio se fabrica en muchos grados, incluyendo el grado USP. En cualquier grado se puede utilizar en el tratamiento de agua. Los dos grados más ampliamente utilizados en este ámbito son el grado técnico diseñado para ser alimentado en solución y el grado "free flowing" (con anticompactante), diseñado para ser alimentado sólido o en solución. El grado "free flowing" contiene un aditivo para reducir la compactación y aterronamiento causado por la humedad, este grado puede tener otro color (grisáceo generalmente) debido al aditivo <sup>(5)</sup>.

**4.21.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS** <sup>(1,2,4)</sup>**Tabla 65. Propiedades físicas del Permanganato de Potasio**

PROPIEDAD	VALOR
Punto de Ebullición (°C)	No Aplica
Estado Físico	Sólido
Punto de Fusión (°C)	240 (descomposición)
Presión de Vapor (mmHg)	No reportado
Gravedad Específica (Agua = 1)	2.703
Densidad del Vapor (Aire = 1)	5,4
pH	No Aplica
Solubilidad en agua (g/100g H <sub>2</sub> O)	6,34; 20 °C
Límites de Inflamabilidad (% vol)	No reportado
Temperatura de auto ignición (°C)	No reportado
Punto de Inflamación (°C)	No reportado

#### 4.21.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS <sup>(2)</sup>

El Permanganato de Potasio es una sustancia estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento. Es un oxidante fuerte y en contacto con otros materiales puede causar fuego, con formación de vapores metálicos tóxicos. El Permanganato de Potasio no es combustible, pero la sustancia es un oxidante fuerte y su calor de reacción con agentes reductores o combustibles puede provocar ignición. El contacto con sustancias oxidables puede provocar combustión extremadamente violenta. Los oxidantes fuertes pueden explotar cuando son agitados o expuestos al calor, llamas, ó fricción. También pueden actuar como fuente de iniciación para explosiones de polvo o vapores. El contacto con sustancias oxidables puede provocar combustión extremadamente violenta. Los contenedores sellados pueden romperse al calentarse. Es corrosivo y causa quemaduras al contacto.

##### 4.21.1.5.1 Incompatibilidades <sup>(2,6)</sup>

Dentro de sus incompatibilidades se encuentran los metales pulverizados, alcohol, arsenitos, Bromuros, Yoduros, Fósforo, Acido Sulfúrico, compuestos orgánicos, Azufre, Carbón activado, Hidruros, Peróxido de Hidrógeno fuerte, sales de Hierro o Mercurio, hidrofosfitos, hiposulfatos, sulfitos, Peróxidos y Oxalatos. Se debe evitar el calor, llamas, fuentes de ignición.

### 4.21.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

#### 4.21.2.1 PRODUCCIÓN <sup>(3,4)</sup>

La mayoría de Permanganato de Potasio se produce a partir de la fusión seguida de electrólisis de minerales que contienen  $MnO_2$ . Las materias primas utilizadas en la producción de Permanganato de Potasio son el mineral de Pírolusita. Que contenga por lo menos un 60% de  $MnO_2$ , y solución de Hidróxido de Potasio de un 50 a 80% de KOH.

##### 4.21.2.1.1 Proceso de Fusión

La preparación industrial de Permanganato de Potasio comienza con la oxidación alcalina del mineral que contiene el  $MnO_2$ . En el siguiente paso, el Manganato de Potasio (VI) se convierte a Permanganato de Potasio por oxidación anódica.



Actualmente se utilizan diversos procesos de fusión, tanto continuos como Batch, pero estos están clasificados en dos categorías:

##### a. Proceso de Calcinamiento

Emplea una relación molar de  $MnO_2$  a KOH de 1:2 a 1:3, y la mezcla de reacción es sólida. Generalmente se lleva a cabo en dos pasos, y las reacciones (1) y (2) suceden de forma consecutiva. En el primer paso, el Dióxido de Manganeso finamente triturado se mezcla con el hidróxido de potasio al 50% (generalmente en dispersión) y se trata con aire u Oxígeno a una temperatura de 300 – 400 °C. La mezcla de reacción de  $MnO_2$  / KOH usualmente se introduce en pequeñas gotas a un horno rotatorio de calentamiento interno o externo. La mayoría del agua presente se vaporiza rápidamente permitiendo que el KOH altamente concentrado reaccione con el  $MnO_2$  y el Oxígeno en cuestión de minutos, para formar  $K_3MnO_4$  (ecuación 1). El producto seco de esta reacción, de color azul verdoso, se tritura para incrementar su área superficial y posteriormente, se somete a la segunda oxidación (ecuación 2), en la cual es expuesto a una corriente de aire humedecido o de Oxígeno a una temperatura de 190 – 210 °C. Se necesitan muchas horas para completar casi totalmente la conversión a  $K_2MnO_4$ .

En este paso se emplean generalmente hornos rotatorios, aunque también existen otros diseños especiales para este proceso. La remoción de las cortezas duras que se forman en las paredes internas del reactor puede causar retrasos en el proceso.

#### b. Proceso en Fase Líquida:

Emplea una relación molar de MnO<sub>2</sub> a KOH mayor o igual a 1:5. El mineral que contiene el Dióxido de Manganeso finamente triturado se adiciona a un exceso de hidróxido de potasio fundido y concentrado (70 – 90% en peso) a una temperatura de 200 -300 °C. La mezcla de reacción se agita vigorosamente y se pasa a través de la masa fundida una corriente o una dispersión de aire u Oxígeno. El MnO<sub>2</sub> se convierte en K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub> en un solo paso (ecuación 3), aunque la oxidación también puede ocurrir en dos etapas. El manganato de potasio (IV) se cristaliza de la fusión y se separa por decantación filtración y centrifugación.

#### 4.21.2.1.2 Oxidación Anódica de Manganeso (VI)

La oxidación del manganato de potasio hasta permanganato siempre se lleva a cabo por electrólisis:



EL manganato crudo proveniente del proceso de fusión primero es lixiviado en una solución de hidróxido de potasio (90 – 250 g de KOH por litro, dependiendo de la naturaleza de la electrólisis). El lixiviado resultante generalmente se filtra para separar las partículas de mineral insolubles.

Un control efectivo de los parámetros clave es decisivo para el éxito de la electrólisis, incluyendo las concentraciones de K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub>, KMnO<sub>4</sub> y KOH y la temperatura (usualmente 60° C).

#### 4.21.2.2 APLICACIONES Y USOS <sup>(1,3)</sup>

El principal uso del Permanganato de Potasio es en el procesamiento químico, especialmente en la producción de compuestos orgánicos sintéticos (sacarina, Acido ascórbico, Acido isonicotínico entre otros). Se utiliza como agente oxidante, desinfectante, para limpiar metales, en la purificación de metanol, etanol, Acido Acético, Dióxido de Carbono en la producción de hielo seco, cloruro de Zinc y Acido Fluorhídrico. El Permanganato de Potasio también se usa como preservativo de flores y frutas. Se utiliza en la crianza de peces para prevenir la deficiencia de Oxígeno y controlar los parásitos.

Algunos usos ambientales incluyen el tratamiento de agua potable (remoción de olores, sabores, Hierro y Manganeso; control de Trihalometanos); purificación de agua en plantas de tratamiento de aguas residuales (destrucción del sulfuro de Hidrógeno y otros compuestos tóxicos y / o corrosivos como fenoles) y la purificación del aire.

#### 4.21.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### Frases de Riesgo <sup>(7)</sup>

**R8:** Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.

**R22:** Nocivo por ingestión.

##### 4.21.3.1 INHALACIÓN <sup>(2)</sup>

Causa irritación del tracto respiratorio con síntomas como tos, falta de respiración. Altas concentraciones pueden producir edema pulmonar.

##### 4.21.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS <sup>(2)</sup>

Los cristales secos y las soluciones concentradas son cáusticas y producen enrojecimiento, dolor, quemaduras severas, manchas de color café en el área de contacto y posible endurecimiento de la capa externa de la piel. Las soluciones diluidas son sólo ligeramente irritantes de la piel.

El contacto de los ojos con los cristales (polvos) y soluciones concentradas causa severa irritación, enrojecimiento, visión borrosa y puede producir daño severo, posiblemente permanente.

#### **4.21.3.3 INGESTIÓN <sup>(2)</sup>**

La ingestión de sólidos o soluciones de altas concentraciones causa malestar severo del sistema gastrointestinal con posibles quemaduras y edema; pulso lento; shock con caída de la presión sanguínea. Puede ser fatal. La ingestión de concentraciones de hasta 1% causa quemaduras en la garganta, náuseas, vómito y dolor abdominal; 2-3% produce anemia e inflamación de la garganta con posible asfixia; concentraciones de 4-5% puede causar daño renal.

#### **4.21.3.4 EFECTOS CRÓNICOS <sup>(2)</sup>**

El contacto prolongado con la piel puede causar irritación, pérdida de grasa y dermatitis. Puede ocurrir envenenamiento crónico con Manganeseo por la inhalación excesiva del polvo produciendo deterioro del sistema nervioso central. Los síntomas tempranos incluyen lentitud, somnolencia y debilidad de las piernas. Los casos avanzados presentan expresión fija de la cara, disturbios emocionales, paso espástico y caídas.

#### **4.21.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

##### **4.21.3.5.1 Cardiovasculares**

No se encontraron estudios referidos a los efectos cardiovasculares de la exposición, ingestión o contacto con Permanganato de Potasio.

##### **4.21.3.5.2 Hematológicos**

No se encontraron estudios referidos a los efectos hematológicos de la exposición, ingestión o contacto con Permanganato de Potasio.

##### **4.21.3.5.3 Musculares**

No se encontraron estudios referidos a los efectos musculares de la exposición, ingestión o contacto con Permanganato de Potasio.

##### **4.21.3.5.4 Hepáticos**

No se encontraron estudios referidos a los efectos hepáticos de la exposición, ingestión o contacto con Permanganato de Potasio.

##### **4.21.3.5.5 Renales**

No se encontraron estudios referidos a los efectos renales de la exposición, ingestión o contacto con Permanganato de Potasio.

##### **4.21.3.5.6 Endocrinos**

No se encontraron estudios referidos a los efectos endocrinológicos de la exposición, ingestión o contacto con Permanganato de Potasio.

##### **4.21.3.5.7 Inmunológicos**

No se encontraron estudios referidos a los efectos inmunológicos de la exposición, ingestión o contacto con Permanganato de Potasio.

##### **4.21.3.5.8 Neurológicos**

No se encontraron estudios referidos a los efectos neurológicos de la exposición, ingestión o contacto con Permanganato de Potasio.

#### 4.21.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

CL<sub>50</sub> (oral, ratas): 1090 mg/kg <sup>(2)</sup>

Se han realizado estudios a nivel de laboratorio que indican que dosis orales de Permanganato de Potasio causan daños micro nucleicos y en los cromosomas de la médula ósea <sup>(1)</sup>.

Ha sido investigado como mutagénico, causante de efectos reproductivos <sup>(1,2)</sup>.

#### 4.21.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

##### 4.21.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

###### 4.21.5.1.1 Exposición en Ojos <sup>(2)</sup>

Lavar los ojos inmediatamente con abundante agua, por lo menos durante 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente para retirar cualquier residuo de la sustancias de estas superficies. Se debe buscar atención médica inmediatamente.

###### 4.21.5.1.2 Exposición en la Piel <sup>(2)</sup>

Lavar la piel inmediatamente con agua y jabón mientras se quita la ropa y zapatos contaminados. Se debe buscar atención médica inmediatamente. La ropa contaminada se debe lavar antes de usarla nuevamente.

###### 4.21.5.1.3 Inhalación <sup>(2)</sup>

Si se inhala esta sustancia, la persona afectada se debe ubicar en una zona segura con acceso a aire fresco. Si la persona no respira, se debe suministrar el procedimiento de respiración artificial. Si la persona afectada posee respiración dificultosa y si en las instalaciones se cuenta con el equipo necesario, se debe suministrar Oxígeno con una máscara de respiración. Se debe obtener atención médica inmediatamente.

###### 4.21.5.1.4 Ingestión <sup>(2)</sup>

Si esta sustancia se ingiere, no se debe inducir el vómito. La mejor recomendación para estas situaciones consiste en administrar grandes cantidades de agua para diluir los contenidos estomacales. Nunca se debe dar bebidas o alimentos por vía oral a una persona inconsciente. Se debe conseguir atención médica de forma inmediata.

##### 4.21.5.2 INCENDIOS <sup>(2)</sup>

Se recomienda usar agua atomizada para cubrir el fuego y para refrescar contenedores expuestos al fuego. Los extintores de sofocación, como los de Dióxido de Carbono, no son tan eficaces como el agua. No se debe dejar que el escurrimiento de agua contaminada con permanganato de potasio entre a las alcantarillas o vías de agua ya que representa un grave peligro para el medio ambiente.

De presentarse un fuego, se debe usar trajes protectores completos y aparato de respiración autónomo con pieza facial completa operando en la demanda de presión u otro modo de presión positiva.

##### 4.21.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

El Permanganato de Potasio seco que ha sido derramado debe recogerse y almacenarse en un contenedor limpio. No se debe devolver al contenedor original ya que está contaminado. Los residuos presentes en el área del derrame se deben retirar lavando el piso con abundante agua hasta un desagüe apropiado que se dirija a una planta de tratamiento de agua local. Se deben eliminar todas las fuentes de ignición. El área de fuga o derrame se debe ventilar. Para la limpieza de cantidades grandes de permanganato se debe usar el equipo de protección personal apropiado. En la limpieza de derrames sólidos, se debe evitar en lo posible que se disperse polvo en el aire <sup>(2,5)</sup>.

#### 4.21.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; ACGIH; para Magnesio y sus compuestos):** 0,2 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(2)</sup>

**PEL (TWA; OSHA para la industria general; para compuestos de Magnesio):** 5 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(2)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permissible de Exposición).

#### 4.21.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

El personal debe usar ropa de protección impermeable, incluyendo botas, guantes, ropa de laboratorio, delantal u overol para evitar contacto con la piel. Donde exista posibilidad de contacto con Permanganato de Mantener en el área de trabajo instalaciones destinadas al lavado y enjuague rápido de los ojos y del cuerpo <sup>(2)</sup>.

##### 4.21.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Si se excede el límite de exposición, y no hay disponibilidad de controles de ingeniería, se puede usar un respirador para partículas de media cara. Si se excede el límite de exposición o la máxima concentración de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o por el fabricante del respirador en 50 veces, se debe usar un respirador para partículas de pieza facial completa. Para emergencias o situaciones en las cuales se desconoce el nivel de exposición, se debe usar un respirador abastecido por aire, de presión positiva y que cubra toda la cara. Los respiradores purificadores de aire no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de Oxígeno <sup>(2)</sup>.

#### 4.21.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

El Permanganato de Potasio es un agente oxidante muy fuerte. Debe ser manipulado con extremo cuidado. Se deben utilizar para su manipulación herramientas y equipos que no produzcan chispas. Se debe reducir al máximo la cantidad de polvo aerotransportado humedeciendo con un poco cantidad de agua.

##### 4.21.8.1 FRASES DE SEGURIDAD <sup>(7)</sup>

**S2:** Manténgase fuera del alcance de los niños.

##### 4.21.8.2 ALMACENAMIENTO

El Permanganato de Potasio se puede almacenar en recipientes cerrados en frío, en áreas secas sobre piso de concreto y se debe proteger del daño físico. Si se almacena fuera de una bodega, se deben proteger los recipientes de la humedad utilizando un recubrimiento apropiado. Debe almacenarse separado de productos orgánicos, Acidos concentrados, Peróxidos, compuestos de Amonio, Metales en Polvo, Azufre elemental, Fósforo, Carbono, Hidruros de metales, Hidracina, Hidroxilaminas y sustancias combustibles.

El Permanganato de Potasio se transporta a granel o en contenedores de acero desechables de 150 kg, 50 kg ó 25 kg de peso neto, debido a que los recipientes de este material pueden ser peligrosos al vaciarse puesto que retienen residuos del producto (polvo, sólidos) <sup>(5)</sup>.

#### 4.21.9 USOS / GENERACIÓN Y CONTROLES

Se recomienda un sistema de escape local y/o general para las exposiciones de empleados debajo de los límites de exposición establecidos. En general, se prefiere la ventilación de extracción local debido a que puede controlar las emisiones del contaminante en su fuente, impidiendo dispersión del mismo al lugar general de trabajo <sup>(2)</sup>.

#### 4.21.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

##### 4.21.10.1 AIRE

El Manganeseo elemental y sus compuestos inorgánicos, a pesar de sus bajas presiones de vapor, pueden existir en el

aire como partículas de materia suspendida derivada de las emisiones industriales o de la erosión del suelo. Las partículas de materia que contienen Manganese se remueven de la atmósfera principalmente mediante sedimentación gravitacional o en la lluvia.

Las partículas de materia que contienen Manganese presentes en el suelo pueden transportarse al aire. Su comportamiento y transporte están determinados por el tamaño y la densidad de la partícula y la velocidad y dirección del viento. Se estima que la presencia de Manganese en un 80% en la materia suspendida está asociada a la partícula con el Diámetro Equivalente de Masa Medio (MMED) menor a 5  $\mu\text{m}$ , y el 50% de este Manganese está asociado con las partículas con MMED menor a 2  $\mu\text{m}$ . Teniendo en cuenta esta información, el tamaño de partículas de Manganese pequeñas está dentro del rango respirable, y se espera una distribución muy difundida en el aire respirado. Se encuentra muy poca información disponible acerca de las reacciones atmosféricas de Manganese; sin embargo, el Manganese puede reaccionar con gases como con el Dióxido de Azufre y el Dióxido de nitrógeno, pero no se ha demostrado la ocurrencia de esas reacciones en la atmósfera <sup>(1)</sup>.

#### 4.21.10.2 AGUA

El transporte y partición del Manganese en agua está controlado por la solubilidad del compuesto de Manganese presente. En la mayoría de aguas (pH 4-7), predomina el Manganese II y está asociado principalmente con el carbonato, el cual tiene una solubilidad relativamente baja. La solubilidad del Manganese II puede controlarse mediante el equilibrio de óxido de Manganese, ya que el Manganese puede cambiar de estado de oxidación. En algunos tipos de lechos acuáticos, el Manganese tiende a controlarse mediante la formación de sulfuro muy poco soluble. En aguas subterráneas con bajos niveles de Oxígeno, el Manganese IV puede reducirse a Manganese II química y bacteriamente. El Manganese en agua puede sufrir bioconcentración de forma significativa <sup>(1)</sup>.

#### 4.21.10.3 SUELO

El Manganese que usualmente se transporta en los ríos se adsorbe en los sedimentos. La tendencia de los compuestos de Manganese a adsorberse en el suelo y sedimentos es muy variable, dependiendo principalmente de la capacidad de intercambio catiónico y de la composición orgánica del suelo. El estado de oxidación del Manganese en el suelo y sedimentos puede alterarse por la actividad microbológica <sup>(1)</sup>.

#### 4.21.11 ECOTOXICIDAD <sup>(2)</sup>

Este material puede ser tóxico para la vida acuática.

#### 4.21.12 LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICIÓN <sup>(2,6)</sup>

Lo que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejado como desecho peligroso y enviado a una instalación especializada para su disposición. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de manejo del desecho. Por lo general, los derrames de esta sustancia se pueden reducir con Hidrosulfitos, Azufre o un agente reductor fuerte. Para promover la reducción se puede agregar Acido Sulfúrico de concentración 3 Molar. El producto resultante se debe diluir con agua y se puede verter en el desagüe previa revisión de la legislación local.

#### 4.21.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Concise International Chemical Safety Documents 12, Manganese and its Compounds [en línea]*. 1999 [citado en agosto 8 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad12.htm>
2. Mallinckrod, Baker Inc. *Material Safety Data Sheet, Permanganato de Potasio [en línea]*. Noviembre de 2001 [citado agosto 8 de 2003]. Disponible en <http://www.jtbaker.com/msds/spanishhtml/P6005.htm>

3. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Volumen 16. Quinta edición completamente revisada. Editorial VCH. New York. USA.. 1989.
4. Editores: Herman M, McKetta J y otros. *Kirk & Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. Volumen 5. Segunda Edición. Editorial Interscience Publishers Jhon Wile & Sons Inc. New York. USA. 1964.
5. Editor: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). *Norma Técnica Colombiana 2753 Productos Químicos, Permanganato de Potasio*. Primera Actualización. 1994.
6. Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). *Software Dataquim. Hoja de Datos de Seguridad, Permanganato de Potasio*. Última actualización 2003. Bogotá. Colombia.
7. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals [en línea]*. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>

Permanganato de potasio

4.22

Solvente Alifático No. 2

- 4.22.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.22.1.1 SINONIMOS
  - 4.22.1.2 DESCRIPCION
  - 4.22.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.22.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.22.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.22.1.5.1 Incompatibilidades
  
- 4.22.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.22.2.1 PRODUCCION
  - 4.22.2.2 APLICACIONES Y USOS
  
- 4.22.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.22.3.1 INHALACION
  - 4.22.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.22.3.3 INGESTION
  - 4.22.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.22.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
  
- 4.22.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
  - 4.22.4.1 CANCER
  - 4.22.4.2 MUTAGENESIS
  - 4.22.4.3 TERATOGENESIS
  - 4.22.4.4 EFECTOS REPRODUCTIVOS
  
- 4.22.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.22.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.22.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.22.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.22.5.1.3 Inhalación
    - 4.22.5.1.4 Ingestión
    - 4.22.5.1.5 Rescate
  - 4.22.5.2 INCENDIOS
  - 4.22.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

4.22.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

4.22.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

4.22.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

4.22.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A  
DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

4.22.8.1 ALMACENAMIENTO

4.22.9 USOS Y CONTROLES

4.22.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

4.22.11 ECOTOXICIDAD

4.22.12 BIBLIOGRAFÍA

**4.21.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(3)</sup>****Fórmula:** Mezcla de compuestos, Disolventes Alifáticos**Estructura Molecular:** Mezcla de hidrocarburos**CAS:** No reportado**Número UN:** 1263**Clase de Riesgo Principal UN:** 3.2**4.21.1.1 SINÓNIMOS**Disolvente 1125, Thinner T-09, Thinner T-12, Thinner T-25, Shellsol2, Base líquida para lacas <sup>(3)</sup>.**4.21.1.2 DESCRIPCIÓN**

Los solventes derivados del petróleo son mezclas complejas de hidrocarburos cuya composición varía dependiendo del crudo del que provenga y del proceso de producción. La clasificación de estos solventes no está estandarizada, aunque se pueden clasificar con base en los rangos de destilación, en donde los Disolventes Alifáticos se clasifican como solvente de punto de ebullición especial (SBPs) que son mezclas de compuestos que contienen en sus moléculas de 5 a 9 Carbonos, estos compuestos en su mayoría son parafinas lineales, ramificadas y cicloparafinas, y en menor proporción compuestos aromáticos y Olefinas <sup>(1)</sup>.

El producto comercial debe incluir gravedad específica, rango de ebullición y el contenido de hidrocarburos aromáticos. Este producto se despacha en carrotanques (mínimo 3000 galones) <sup>(1,5)</sup>.

**4.21.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES <sup>(3)</sup>**

Componente	%
Parafinas	89.80
Olefinas	1.35
Naftenos	9.15
Aromáticos	0.48
Desconocidos	0.81

**4.21.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(3)</sup>****Tabla 66. Propiedades físicas del Solvente Alifático No. 2**

PROPIEDAD	VALOR
<b>Peso Molecular (g/mol)</b>	No Reportado
<b>Estado Físico</b>	Líquido
<b>Rango de Ebullición (°C) (760 mmHg)</b>	37 – 130 °C
<b>Punto de Fusión (°C)</b>	No Aplica
<b>Presión de Vapor (mmHg)</b>	No Reportado
<b>Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)</b>	No Reportado
<b>Gravedad Específica (Agua = 1)</b>	1.0

**Tabla 66. Propiedades físicas del Solvente Alifático No. 2 (continuación)**

PROPIEDAD	VALOR
Densidad del Vapor (Aire = 1)	Mayor de 1
pH	No Aplica
Solubilidad en Agua	Parcialmente soluble
Límites de Inflamabilidad (% vol)	1% - 8%
Temperatura de Auto Ignición (°C)	No Reportado
Punto de Inflamación (°C)	27 -44

#### 4.21.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

La mayoría de las reacciones industriales involucran reacciones con radicales, por ejemplo, craqueo térmico, sulfonación, oxidación, halogenación, sulfocloración, y nitración. Las reacciones iónicas están restringidas a procesos de catálisis ácida con ácidos fuertes. Tales reacciones son utilizadas principalmente en el procesamiento de petróleo por craqueo catalítico, isomerización y alquilación; estas producen mezclas complejas de compuestos. Otras reacciones iónicas se pueden llevarse a cabo con superácidos pero no son utilizadas industrialmente <sup>(7)</sup>.

La descomposición térmica ocurre por etapas con pérdida de Hidrógeno o fragmentos de Hidrocarburos y subsiguiente formación de productos de craqueo insaturado útiles en la industria. Mezclas de Hidrocarburos con Oxígeno o aire pueden producir combustión o explosión, dependiendo de la proporción Hidrocarburo – Oxígeno. Tales reacciones pueden ser iniciadas por el acercamiento a puntos de ignición o en caso que la temperatura de ignición de la mezcla se exceda <sup>(7)</sup>.

##### 4.21.1.5.1 Incompatibilidades

El calor produce aumento de presión y riesgos de inflamación seguida de explosión. Los vapores pueden formar con el aire mezclas explosivas (particularmente en recipientes vacíos con residuos). El equipo eléctrico debe estar protegido de forma adecuada. No utilizar herramientas que puedan producir chispas. Utilizar equipos protegidos contra explosión. Mantenerse alejado de sustancias oxidantes, Cloro Líquido y Oxígeno concentrado <sup>(3, 6)</sup>.

#### 4.21.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

##### 4.21.2.1 PRODUCCIÓN

Los Disolventes Alifáticos son producto de la destilación de naftas o de gasolina natural. Se separan controlando el punto de ebullición y luego se someten a procesos de purificación, neutralización y rectificación de sus límites de destilación <sup>(1, 4)</sup>.

##### 4.21.2.2 APLICACIONES Y USOS

En la industria del caucho, fabricación de tintas y formulación de thinner. Se emplea en el desengrasado de lanas para recuperar Lanolina <sup>(3, 5)</sup>.

#### 4.21.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

Los solventes derivados del petróleo no presentan riesgo para la salud de la población en general, pero si las concentraciones en el ambiente son suficientemente altas pueden causar riesgo para la salud de la población expuesta <sup>(1)</sup>.

El riesgo se presenta para las personas que manipulan directamente este material, su uso en lugares de trabajo poco ventilados y sin apropiadas medidas de control puede causar serios problemas de salud por su alta volatilidad <sup>(1)</sup>.

Las cinéticas se determinan por la adsorción en ratas, solubilidad en grasa y los gradientes de concentración en las diferentes partes del cuerpo. Los compuestos más volátiles (número de Carbonos entre 5 y 7) y los compuestos aromáticos pasan rápidamente a través de las membranas alveolares y son llevadas en minutos al sistema nervioso central. Las cadenas más largas también pasan a través de estas membranas pero tienen solo un efecto local. Estudios realizados demuestran que los Hidrocarburos Alifáticos se consideran bioquímicamente inertes y se excretan rápidamente por vía respiratoria <sup>(1)</sup>.

#### 4.21.3.1 INHALACIÓN

Inhalación de altas concentraciones de vapor de disolvente produce efectos narcóticos, irritación y quemaduras del tracto respiratorio y depresión del sistema nervioso central. Si los vapores son inhalados en concentraciones extremadamente altas tiene efecto anestésico y causa depresión del sistema nervioso central caracterizado por falta de coordinación, postración y coma seguido de la muerte. En algunos casos se pueden presentar convulsiones. Pequeños volúmenes de disolvente en el tracto respiratorio conllevan a inflamación aguda de los lóbulos pulmonares (neumonitis química). El riesgo aumenta cuando el disolvente líquido se aspira en los pulmones, causa inflamación aguda de los lóbulos pulmonares (neumonitis química aguda) caracterizada por acumulación de líquido en los pulmones (edema pulmonar) y hemorragia, esta circunstancia tiene efectos fatales <sup>(1,3)</sup>.

El olor es un medio de advertencia para la detección de vapores de hidrocarburos, debido a que estos se pueden detectar a bajas concentraciones y solo a muy altas concentraciones aparece el olor desagradable y la irritación <sup>(1)</sup>.

#### 4.21.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS

Los Disolventes Alifáticos causan irritación de los ojos y la piel, estas propiedades irritantes decrecen con el aumento de la longitud de cadena del Hidrocarburo pues se considera que la piel es permeable solo a Hidrocarburos de hasta 14 Carbonos en su molécula <sup>(1)</sup>.

La piel se ve seriamente afectada solo durante el contacto prolongado y repetido. Los Disolventes Alifáticos de cadena corta causan solubilización de la grasa corporal y los de cadena larga producen efectos tóxicos sobre la piel. El contacto con soluciones concentradas provoca destrucción de los tejidos y serias quemaduras. La absorción de vapores de Disolventes Alifáticos a través de la piel tiene menor importancia comparada con los efectos causados por la inhalación de los vapores <sup>(1,3)</sup>.

Se ha demostrado que Disolventes Alifáticos en contacto con la piel durante una hora producen sensación de quemadura, después de 2 horas se presenta una ligera irritación que se manifiesta con enrojecimiento de la piel, luego de 7 horas la piel presenta una irritación severa que se refleja en una coloración roja intensa, después de 12 horas la sensación de quemadura disminuye pero aparece una ampolla rodeada de vesículas dispersas que luego de 24 horas se transforma en una ampolla purulenta que fácilmente se rompe dejando un llaga en la superficie <sup>(1)</sup>.

El contacto de Disolventes Alifáticos con los ojos puede causar serios daños e incluso la pérdida de la visión. Cuando los ojos son expuestos a altas concentraciones de vapor de disolventes derivados del petróleo en el aire causa irritación leve y transitoria de la conjuntiva pero no daña los tejidos <sup>(2,3)</sup>.

### **4.21.3.3 INGESTIÓN**

Los principales signos de envenenamiento son tos, ahogo, atragantamiento, irritación de tracto respiratorio, depresión del sistema nervioso central y coma seguido de la muerte, puede causar quemaduras de las mucosas de la boca, garganta y estómago. La ingestión de grandes volúmenes de Disolventes Alifáticos usualmente son tolerados si no existe aspiración <sup>(1,3)</sup>.

Si durante la ingestión no se presenta aspiración del Disolventes Alifáticos los síntomas son similares a los presentados por exposición aguda al vapor; depresión del sistema nervioso central reflejado en letargo, convulsiones y coma. Si se ingieren pequeñas dosis los síntomas incluyen vértigo, dolor de cabeza y síntomas parecidos a los de embriagues, no se desarrollan efectos adversos en los pulmones. La ingestión de mayores dosis produce náusea, vomito y diarrea, que en algunos casos puede venir acompañada de sangre <sup>(1)</sup>.

Si durante la ingestión se presenta aspiración del Disolvente Alifático rápidamente se observa perturbación respiratoria. Los síntomas posteriores reflejan malestar en la región estomacal seguido por vomito. La aspiración produce inflamación aguda de los lóbulos pulmonares (neumonitis) acompañada de la acumulación de líquido en los pulmones (edema pulmonar) lo cual puede causar la muerte. Además se puede presentar flema espesa con sangre <sup>(1)</sup>.

La aspiración es más frecuente en niños quienes son más susceptibles a los efectos tóxicos de los Solventes Alifáticos que los adultos <sup>(1)</sup>.

### **4.21.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

La permanencia prolongada de personas en una atmósfera saturada de Disolventes Alifáticos puede causar trastornos fisiológicos, asfixia y lesiones en los tejidos pulmonares. Exposiciones por largos periodos a bajas concentraciones produce nerviosismo, pérdida del apetito y náusea. Exposición prolongada a altas concentraciones causa enfermedad neurológica asociada al sistema nervioso periférico (neuropatía periferal) <sup>(1,5)</sup>.

El contacto repetido causa lesiones sobre la piel por degradación de la capa de queratina, haciéndola más susceptible a otros irritantes y bacterias, lo cual puede producir una dermatitis que en algunos casos puede desarrollar alergias. Esta enfermedad se caracteriza por resequedad, enrojecimiento y presencia de escamas a causa del rompimiento de la piel, lo que puede llevar a la formación de placas rojas que causan ardor y que están cubiertas por vesículas que al romperse producen costras (eczema) y finalmente se puede presentar muerte de las células (necrosis) <sup>(1,2)</sup>.

La permanencia prolongada en ambientes saturados con Disolventes Alifáticos produce inflamación de los párpados con un aumento en el tamaño de los ganglios linfáticos <sup>(3)</sup>.

### **4.21.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

#### **4.21.3.5.1 Efectos Cardiovasculares**

No se han reportado efectos adversos al sistema cardiovascular en seres humanos o en animales expuestos a Disolventes Alifáticos.

#### **4.21.3.5.2 Efectos Hematológicos**

No se han reportado efectos adversos sobre la sangre debidos a exposición a Disolventes Alifáticos.

#### **4.21.3.5.3 Efectos Musculares**

No se han reportado efectos adversos en músculos o huesos provocados por exposición a Disolventes Alifáticos.

#### **4.21.3.5.4 Efectos Hepáticos**

No se han reportado efectos adversos en el hígado en seres humanos o en animales por exposición a Disolventes Alifáticos.

#### 4.21.3.5.5 Efectos Renales

No se han reportado efectos adversos al sistema renal en seres humanos o en animales por exposición a Disolventes Alifáticos.

#### 4.21.3.5.6 Efectos Endocrinos

Se ha reportado que mujeres en contacto con disolventes derivados del petróleo reducen los niveles de estrógeno en la sangre (29.6  $\mu\text{g}/\text{dia}$  - 22.2  $\mu\text{g}/\text{dia}$ ). Además los efectos sobre el hipotálamo se reflejan en el mecanismo de lactancia con una disminución en la cantidad de leche generada en madres lactantes <sup>(1)</sup>.

#### 4.21.3.5.7 Efectos Inmunológicos

No se han reportado efectos adversos al sistema inmunológico en seres humanos o en animales por exposición a Disolventes Alifáticos.

#### 4.21.3.5.8 Efectos Neurológicos

El principal efecto en los hombres de la exposición a Disolventes Alifáticos es la producción de enfermedades neurológicas asociadas al sistema nervioso periférico (neuropatía periférica) además de otros efectos neurotóxicos. La principal manifestación de esta enfermedad es letargo, frío, debilidad muscular y dolor de cabeza. Estos efectos se observan frecuentemente en trabajadores expuestos a disolventes de hidrocarburos en donde la ventilación del lugar de trabajo no es adecuada y en donde se pueden alcanzar niveles en la atmósfera superiores a 2  $\text{mg}/\text{m}^3$  <sup>(1)</sup>.

### 4.21.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

CL<sub>50</sub> (inhalación. ratas): 1000 – 15000 ppm/4 - 8 horas <sup>(1)</sup>

#### 4.21.4.1 Cáncer

No se han reportado estudios de los efectos cancerígenos que presentan los disolventes derivados del petróleo de punto de ebullición especial.

#### 4.21.4.2 Mutagénesis

No se han reportado estudios de los efectos mutagénicos que presentan los Disolventes Alifáticos.

#### 4.21.4.3 Teratogénesis

Los estudios sobre los efectos teratogénicos realizados a solventes afines como n-Hexano, Queroseno y Solvente para caucho fueron negativos <sup>(1)</sup>.

#### 4.21.4.4 Efectos Reproductivos

Los efectos de los disolventes derivados del petróleo sobre los procesos reproductivos no se han estudiado a profundidad, pero se ha encontrado que disolventes de hidrocarburos están presentes en la leche de madres lactantes en concentraciones de 0,50 a 0,60  $\text{mg}/\text{l}$  <sup>(1)</sup>.

### 4.21.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

#### 4.21.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

##### 4.21.5.1.1 Exposición en Ojos

Lavar por irrigación los ojos con abundante agua limpia y fresca durante al menos 15 minutos, levemente y separado los párpados para asegurar la remoción del solvente hasta que descienda la irritación. Nunca se deben

portar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento. Solicitar de inmediato asistencia médica especializada <sup>(2, 3, 6)</sup>.

#### **4.21.5.1.2 Exposición en la Piel**

La persona afectada se debe despojar de la ropa y calzado contaminados. Lavar a fondo las zonas afectadas con abundante agua y jabón neutro, o bien con otro producto adecuado para la limpieza de la piel mínimo durante 15 minutos o hasta que la irritación descienda. No emplear disolventes. Solicitar de inmediato asistencia medica especializada <sup>(2, 3, 6)</sup>.

#### **4.21.5.1.3 Inhalación**

Sacar al afectado de la zona contaminada y trasladarlo al aire libre. Si la respiración es irregular o se detiene, practicar respiración artificial o suministrar oxígeno de un respirador si en el lugar de emergencia existen los medios. Si el paciente está inconsciente, se debe colocar en posición de recuperación apropiada. Mantenerlo cubierto con ropa de abrigo y en reposo. Solicitar de inmediato asistencia medica especializada <sup>(2, 3, 6)</sup>.

#### **4.21.5.1.4 Ingestión**

En caso de ingestión, lavar la boca con abundante agua. Si la persona afectada esta consiente, suministrar abundante agua. No provocar el vómito debido al riesgo de aspiración, pero si este se presenta de forma natural, inclinar la victima hacia el frente para reducir el riesgo de broncoaspiración. Nunca se debe hacer vomitar o suministrar líquidos a una persona inconsciente o en shock. Mantener al afectado en reposo. Solicitar de inmediato asistencia medica especializada <sup>(2, 3, 6)</sup>.

#### **4.21.5.1.5 Rescate**

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor el desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

Para situaciones de emergencia, se deben usar máscaras antigas de presión positiva o de demanda de presión y que posean cubrimiento completo de la cara. Se debe usar también un traje totalmente hermético <sup>(2)</sup>.

### **4.21.5.2 INCENDIOS**

El calor produce aumento de presión y riesgos de inflamación seguida de explosión, además puede encenderse por acción de chispas y llamas. El vapor es invisible, más pesado que el aire y se propaga a ras de suelo, puede formar mezclas explosivas con el aire, viajar hasta la fuente ignición y regresar con llamas. Los contenedores pueden explotar si se calientan <sup>(3, 6)</sup>.

Los siguientes aspectos se deben tener en cuenta si un Disolventes Alifáticos se encuentra involucrado en un incendio <sup>(6)</sup>:

- Apagar el fuego con extintores de polvo químico, espuma, Anhídrido Carbónico, tierra o arena.
- No usar nunca agua.
- No intervenir si el incendio afecta a la carga y alcanza grandes dimensiones.

### **4.21.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS**

Áreas donde se presenten derrames considerables de Disolventes Alifáticos se deben evacuar de forma inmediata y solo debe permanecer allí personal con ropa de seguridad apropiada como máscaras o caretas de respiración y trajes impermeables. Se deben llevar a cabo las siguientes recomendaciones <sup>(2, 6)</sup>:

#### **Precauciones individuales**

- Eliminar los posibles puntos de ignición y si procede, ventilar exhaustivamente la zona. No fumar.

- Evitar el contacto directo con el producto. Evitar respirar los vapores. Utilizar los medios de protección indicados.

#### **Protección del medio ambiente**

- Tratar de impedir la penetración del producto en canalizaciones o alcantarillas. Obturar las fugas si la operación no entraña riesgo. Si el producto se ha derramado en cauce de agua o alcantarilla, o ha contaminado el suelo o la vegetación, advertirlo a las autoridades.

#### **Métodos de limpieza**

- Absorber el producto con tierra o arena. Barrer el producto derramado. Transferir a un recipiente apropiado para su recuperación o eliminación.
- Cantidades derramadas en pequeña proporción se pueden absorber con toallas de papel. Las toallas de papel se pueden dejar en ventilación en una campana extractora por suficiente tiempo como para permitir la evaporación total del Disolventes Alifáticos presente.
- Grandes cantidades de derrames se pueden coleccionar y atomizar en una cabina de combustión apropiada. No se debe disponer el Disolventes Alifáticos por desagües ya que presenta un alto riesgo de explosión. Los desagües de fábricas que manejan Disolventes Alifáticos en grandes cantidades deben tener desagües apropiados para evitar la acumulación de vapores explosivos en ellos.

#### **4.21.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL**

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 100 ppm (revisado 1995) <sup>(3)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

#### **4.21.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL**

Donde el contacto con Disolventes Alifáticos sea inevitable, se debe usar equipo de protección adecuado <sup>(1,2,6)</sup>.

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes de plástico o goma, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir contacto repetido o prolongado de la piel con Disolventes Alifáticos en forma líquida.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Disolventes Alifáticos líquido se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa no impermeable que se humedezca con Disolventes Alifáticos se debe remover inmediatamente y no se debe usar hasta que el Disolventes Alifáticos sea removido por completo. La persona expuesta debe ser informada de las propiedades peligrosas del Disolventes Alifáticos.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad que ajusten cerrando perfectamente a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que Disolventes Alifáticos líquido entre en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que Disolventes Alifáticos líquido entre en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

##### **4.21.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA**

Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación <sup>(2)</sup>.

**Tabla 67. Protección respiratoria mínima para Solvente Alifático No. 2 en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 500 ppm (OSHA)
Concentración de vapores de hasta 1000 ppm	Un respirador de cartucho químico con pieza facial completa y cartucho para vapores orgánicos.
Concentración de vapores de hasta 5000 ppm	Una máscara de gases tipo mentón con cilindro para vapores orgánicos.
Concentración de vapores de hasta 10000 ppm	Una máscara de gases con cilindro para vapores orgánicos frontal o posterior.  Un respirador de suministro de aire con pieza facial completa, yelmo o capucha.  Cualquier dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa.
Concentraciones mayores a 10000 ppm o concentraciones desconocidas	Dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa operada en demanda de presión u otro modo de presión positiva.  Una combinación de respirador que incluya un respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o flujo continuo y un dispositivo auxiliar de respiración autocontenido operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva
Lucha contra incendios	Dispositivo de respiración autocontenido con careta completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier máscara de gases que provea protección contra vapores orgánicos.  Cualquier dispositivo de respiración autocontenido específico para evacuaciones

Tomado de "Occupational Health Guideline for Petroleum Distillates; OSHA" <sup>(2)</sup>

#### **4.21.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA**

Se deben realizar todos los esfuerzos para disminuir la contaminación de los trabajadores, el lugar de trabajo y en general el medio ambiente con productos derivados del petróleo. Esto se puede lograr haciendo un buen uso de tecnología y con buenas practicas de trabajo <sup>(1)</sup>.

##### **4.21.8.1 ALMACENAMIENTO**

Todos los Disolventes Alifáticos son combustibles volátiles y bajo ciertas condiciones pueden causar explosiones, por lo tanto, es importante mantenerlos en lugares bien ventilados y lejos de cualquier fuente de calor e ignición. Se debe separar de materiales incompatibles y rotular los recipientes adecuadamente. No fumar en lugares de almacenamiento por el peligro de acumulación de vapores inflamables. Inspeccionar regularmente la bodega para detectar posibles fugas. El lugar de almacenamiento debe estar retirado de las áreas de trabajo <sup>(1, 5)</sup>.

#### **4.21.9 USOS / GENERACIÓN Y CONTROLES**

La siguiente lista incluye operaciones comunes en las cuales la exposición a destilados del petróleo puede ocurrir y los métodos de control que pueden ser efectivos en cada caso <sup>(2)</sup>:

**Tabla 68. Usos, generación y control de emisiones de Solvente Alifático No. 2**

Uso / Generación	Control
Liberación durante operaciones de desengrase	Aislamiento del proceso; ventilación de dilución general; ventilación local del proceso; equipo de protección personal
Usado como solvente en la industria del caucho durante la manufactura de ropa impermeable, adhesivos para zapatos y llantas de caucho	Aislamiento del proceso; ventilación de dilución general; ventilación local del proceso; equipo de protección personal
Usado como agente de extracción; usado en la preparación de pinturas, barnices y lacas; usado como solventes, disolventes o thinners; usado como solvente en pesticidas	Aislamiento del proceso; ventilación de dilución general; ventilación local del proceso; equipo de protección personal
Usado durante operaciones de limpieza en seco	Aislamiento del proceso; ventilación de dilución general; ventilación local del proceso; equipo de protección personal

#### 4.21.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

Los disolventes derivados del petróleo no existen en la naturaleza como tal, pero sí como componentes de los aceites crudos del cual provienen. Por lo tanto la contaminación ambiental está directamente relacionada con el uso de solventes por el hombre <sup>(1)</sup>.

No hay datos disponibles concernientes a la distribución en el medio ambiente para disolventes derivados del petróleo, transformación y degradación, interacción con los factores físicos, químicos y biológicos, así como la bioconcentración y los niveles en el aire, agua, comida y otros. Sin embargo se han encontrado musgos con bajas concentraciones de hidrocarburos probablemente derivados de hidrocarburos de petróleo presentes en el ambiente <sup>(1)</sup>.

#### 4.21.11 ECOTOXICIDAD

No se han reportado datos referentes a efectos tóxicos de los Disolventes Alifáticos en los organismos presentes en el medio ambiente.

#### 4.21.12 BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Environmental Health Criteria 52, Toluene* [en línea]. 1986 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc020.htm>
2. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Occupational Health Guideline for Petroleum Distillates (Naphtha)* [en línea]. Septiembre de 1978, revisado agosto de 1998 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0619.pdf> <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0492.pdf>
3. Empresa Colombiana de Petróleos (Ecopetrol). *Hoja de seguridad. Disolvente No 2. Fecha de publicación desconocida, actualización Octubre de 1995.*
4. Empresa Colombiana de Petróleos (Ecopetrol). *Productos y servicios. Disolventes Alifáticos.* [en línea]. Marzo 28 de 2003, revisado agosto 2 de 2003 [citado agosto 3 de 2003]. Disponible en [http://www.ecopetrol.com.copublicaciones.asp?cat\\_id=346&idCategoriaprincipal=2&cat\\_tit=Disolventes%20Alifáticos](http://www.ecopetrol.com.copublicaciones.asp?cat_id=346&idCategoriaprincipal=2&cat_tit=Disolventes%20Alifáticos)

5. *Empresa Colombiana de Petróleos (Ecopetrol). Productos y servicios. Disolventes Alifáticos. [en línea]. Marzo 28 de 2003, revisado agosto 2 de 2003 [citado Agosto 3 de 2003]. Disponible en [http://www.ecopetrol.com.co/paginas.asp?pub\\_id=378&cat\\_id=346&idCategoriaprincipal=2&cat\\_tit=Disolventes%20Alifáticos](http://www.ecopetrol.com.co/paginas.asp?pub_id=378&cat_id=346&idCategoriaprincipal=2&cat_tit=Disolventes%20Alifáticos)*
6. *Ralva S.A. IST 1263 3 31c. Noviembre de 1999, revisado abril 2 de 2000 [citado agosto 3 de 2003]. Disponible en <http://www.ralva.com/ADR/InstTptADR/IST1263331.htm>*
7. *Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman 's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 13; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.*

Disolvente alifático

4.23

Tetracloroetileno

#### 4.23.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA

##### 4.23.1.1 SINONIMOS

##### 4.23.1.2 DESCRIPCION

##### 4.23.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

##### 4.23.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS

##### 4.23.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

###### 4.23.1.5.1 Incompatibilidades

#### 4.23.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

##### 4.23.2.1 PRODUCCION

###### 4.23.2.1.1 Proceso de Cloración de Acetileno

###### 4.23.2.1.2 Proceso de Oxidación

###### 4.23.2.1.3 Proceso a Partir de Cloración de Hidrocarburos e Hidrocarburos Clorados

##### 4.23.2.2 APLICACIONES Y USOS

#### 4.23.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### 4.23.3.1 INHALACION

##### 4.23.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS

##### 4.23.3.3 INGESTION

##### 4.23.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

##### 4.23.3.5. EFECTOS SISTÉMICOS

#### 4.23.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

#### 4.23.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

##### 4.23.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

###### 4.23.5.1.1 Exposición en Ojos

###### 4.23.5.1.2 Exposición en la piel

###### 4.23.5.1.3 Inhalación

###### 4.23.5.1.4 Ingestión

###### 4.23.5.1.5 Rescate

##### 4.23.5.2 INCENDIOS

##### 4.23.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

4.23.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

4.23.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

4.23.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

4.23.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

4.23.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

4.23.8.2 ALMACENAMIENTO

4.23.9 USOS Y CONTROLES

4.23.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

4.23.10.1 AIRE

4.23.10.2 AGUA

4.23.10.3 SUELO

4.23.11 ECOTOXICIDAD

4.23.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICIÓN

4.23.13 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.23.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(5,8)</sup>

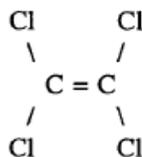
Fórmula: C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>

Estructura Molecular:

CAS: 127-18-4

Número UN: 1897

Clase de Riesgo Principal UN: 6.1



##### 4.23.1.1 SINÓNIMOS

Tetracloruro de Etileno, Percloroetileno, PERC, PER, PERK, 1,1,2,2-Tetracloroetileno, Tetracloroeteno, Dicloruro de Carbono <sup>(2,5,7)</sup>.

Se conoce comercialmente bajo muchas marcas registradas, dentro de las cuales están Dee-Solve, Didakene, Dow-Per, Perclene, Percosolov, Tetraleno, Tetropol, Tetralex, Dowclene EC, Perawin y otros <sup>(2,5,7)</sup>.

##### 4.23.1.2 DESCRIPCIÓN

Es un químico sintético que a temperatura ambiente es un líquido poco viscoso, incoloro y de olor dulce. Se evapora rápidamente al aire libre pero no es una sustancia inflamable o explosiva. Su vapor es más pesado que el aire. Su olor se puede detectar en el ambiente a partir de concentraciones de 1 ppm y su sabor se detecta en el agua desde 0,3 ppm. Es casi insoluble en agua pero es muy afín con solventes orgánicos, como el alcohol etílico, el éter y aceites. Disuelve materia orgánica con facilidad y por ende tiene aplicabilidad como solvente <sup>(3,4,5,6)</sup>.

Se usa de forma difundida en la limpieza de telas y ropa en general y en el desengrasado de metales. También se usa como materia prima para la producción de otras sustancias químicas <sup>(4)</sup>.

##### 4.23.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Los diferentes grados técnicos en los que se produce el Tetracloroetileno pueden contener agentes estabilizantes, que pueden incluir aminas, mezclas de epóxidos, ésteres y otros químicos como acetona, compuestos de acetileno, anilina, ésteres de boro, n-butano, 2-cresol, diisopropilamina, acetato de etilo, derivados de hidracina, alcohol isobutílico y dióxido de azufre entre otros <sup>(7)</sup>.

##### 4.23.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(2,6,8)</sup>

Tabla 69. Propiedades físicas del Tetracloroetileno

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	165,85
Estado Físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	121,2
Punto de Fusión (°C)	-22,7
Presión de Vapor (mmHg)	4,42; 0 °C 14,25; 20 °C 438,79; 100 °C
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,623
Densidad del Vapor (Aire = 1)	5,83
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	No Disponible
Kow	2,5
Constante de la Ley de Henry (atm*m <sup>3</sup> /mol)	9X10 <sup>-4</sup>

C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>

Tetracloroetileno

**Tabla 69. Propiedades físicas del Tetracloroetileno (continuación)**

PROPIEDAD	VALOR
Solubilidad en Agua (g/ml)	0,015%; 20 °C
Límites de Inflamabilidad (% vol)	No Aplica
Temperatura de Auto ignición (°C)	No Disponible
Punto de Inflamación (°C)	No Reportado
pH	No Reportado

#### 4.23.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

Es el derivado mas estable de todos los etanos y Etilenos Clorados. Reacciona con Oxígeno o con aire en presencia de luz generando Cloruro de tricloroacetilo y fosgeno. Este proceso se puede evitar agregando estabilizantes como aminas o fenoles. Sin embargo, esta vía se usa para la producción del Cloruro de tricloroacetilo. Por cloración de esta sustancia se obtiene Hexacloroetano.

Gracias a la estabilidad que le confiere la presencia de todos sus átomos de Cloro, no se presentan reacciones de polimerización con esta sustancia. Aunque se considera una sustancia muy estable, a temperaturas mayores de 300 °C se descompone en fosgeno y Cloruro de Hidrógeno, que son agentes altamente irritantes para el sistema respiratorio <sup>(1,6)</sup>.

##### 4.23.1.5.1 Incompatibilidades

La única condición que hace que el Tetracloroetileno presente incompatibilidades con otras sustancias es el calor. Reacciona con agentes oxidantes fuertes como el Acido Nítrico o el tetraóxido de Nitrógeno y con álcalis fuertes como el Hidróxido de Sodio o Carbonato de Potasio, pero solo a elevadas temperaturas. Reacciona de forma explosiva con Potasio fundido, igualmente genera explosión cuando reacciona con bario o litio a elevadas temperaturas <sup>(6,10)</sup>.

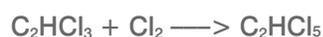
### 4.23.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

#### 4.23.2.1 PRODUCCIÓN

De forma natural, el Tetracloroetileno se produce junto con el Tricloroetileno por algunas algas marinas, no obstante en cantidades bajas. De forma industrial, se puede producir por tres vías, cloración de acetileno, por oxiclación de Etileno y 1,2-dicloroetano y finalmente por cloración a altas temperaturas de Hidrocarburos de entre 1 y tres Carbonos <sup>(1,5,7)</sup>.

##### 4.23.2.1.1 Proceso de Cloración de Acetileno <sup>(1)</sup>

Las reacciones importantes que intervienen en esta vía de producción son las siguientes:



Aunque es posible la cloración directa a partir del acetileno, la mayoría de las plantas existentes en el mundo la realizan usando en cambio Tricloroetileno, que es un proceso menos costoso porque requiere menos etapas de procesamiento ya que está incluido como una sección en el proceso a partir del acetileno. La cloración del Tricloroetileno se realiza en fase líquida entre 70 y 110 °C en presencia de un Acido de Lewis como catalizador, que usualmente es tricloruro de hierro (FeCl<sub>3</sub>) en concentraciones de entre el 0,1 y el 1%; esta primera reacción produce pentacloroetano. El pentacloroetano sufre posteriormente un proceso de rompimiento catalítico sobre carbón activado o rompimiento en fase líquida que lo llevan hasta Acido Clorhídrico y Tetracloroetileno.

#### 4.23.2.1.2 Proceso de Oxidación de Etileno y 1, 2-dicloroetano <sup>(1)</sup>

La producción de Tetracloroetileno por medio de este procedimiento incluye la siguiente reacción:



Como se ve, este procedimiento genera principalmente Tricloroetileno y Tetracloroetileno. Se generan otros subproductos pesados como Hexacloroetano, hexaclorobutadieno y Bencenos Clorados, pero estos se retiran del proceso en separaciones posteriores a la reacción. El mayor subproducto ligero que se obtiene es el tetraclorometano, el cual se recircula al proceso.

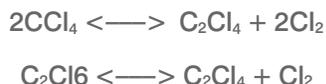
#### 4.23.2.1.3 Proceso a Partir de la Cloración de Hidrocarburos e Hidrocarburos Clorados <sup>(1)</sup>

Este proceso se puede seguir por tres rutas de transformación diferentes:

- 1- Cloración en alta temperatura de Etileno, 1,2-dicloroetano o Hidrocarburos Clorados de 2 Carbonos.
- 2- Clorinólisis de baja presión.
- 3- Clorinólisis de alta presión.

En el procedimiento de alta temperatura se hace pasar el alimento junto con el Cloro necesario por un lecho de catalizador, que puede ser fijo o fluidizado, a temperaturas que pueden estar entre 200 y 550 °C. Los catalizadores que se usan de forma corriente en este tipo de procesos incluyen sílica, alúmina, y carbón activado. La corriente de salida está constituida principalmente por Tetracloroetileno y Acido Clorhídrico aunque también se forma Hexacloroetano y Hexaclorobenceno como subproductos pesados y Dicloroetileno, tetracloroetanos y Tricloroetileno como subproductos ligeros que se recirculan al reactor.

Los procesos de clorinólisis están gobernados por dos equilibrios termodinámicos:



C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>

Tetracloroetileno

Aquí, la producción de Tetracloroetileno se favorece por el incremento en la temperatura y la disminución de la presión y del exceso de Cloro.

En el proceso de clorinólisis de baja presión el alimento está constituido por Hidrocarburos o Hidrocarburos Clorados de preferiblemente dos o tres Carbonos. Es un tipo de proceso muy flexible en cuanto a su materia prima ya que puede partir desde Etileno o desde Hidrocarburos mas grandes Clorados o sin clorar. La presión de operación oscila entre 0,2 y 1,0 MPa y la temperatura entre 600 y 800 °C. Los tiempos de residencia de los reactores que se emplean en estos procesos son usualmente no mayores de 10 segundos. Existen otras variantes en este procedimiento que se explican con algún detalle en Ullman 's Encyclopedia of Industrial Chemistry <sup>(1)</sup>.

La reacción de clorinólisis de alta presión no requiere de catalizadores; se realiza a presión de operación de 20,0 Mpa y 600 °C de temperatura. Una de las ventajas de este proceso es que puede usar alimento de más alto peso molecular para la transformación hasta Tetracloroetileno, de esta forma acepta Hidrocarburos de tipo aromático y alicíclico; otra de las ventajas que presenta el proceso es la facilidad de separación del Tetracloroetileno del Cloro y del Acido Clorhídrico gracias a la alta presión que se maneja. Aparte de lo anterior no existe ninguna otra ventaja que se pueda destacar.

#### 4.23.2.2 APLICACIONES Y USOS

El principal uso del Tetracloroetileno se encuentra como solvente en la limpieza en seco de telas y metales. También se usa en el procesamiento y terminado de fibras textiles, como solvente de extracción, como fluido de intercambio de calor, en la fumigación de granos y en la manufactura de Fluorocarbonados <sup>(7)</sup>.

La mayor ventaja que presenta esta sustancia como solvente la constituye su cualidad de no ser inflamable y poderse usar de forma segura en unidades de operación en seco sin mayores precauciones. En el procesamiento textil se usa como solvente de escorias que remueve aceites de las telas luego de las operaciones de tejido <sup>(1, 5, 6)</sup>.

Sus propiedades como solvente de grasas, ceras y compuestos orgánicos le permite ser usado en limpieza al vapor o en fase líquida de partes metálicas terminadas o en procesos intermedios <sup>(5, 6)</sup>.

El Tetracloroetileno se puede encontrar en productos domésticos como removedores de pintura, productos repelentes de agua, lubricantes de silicona, adhesivos y limpiadores para madera entre muchos otros <sup>(6)</sup>.

### 4.23.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

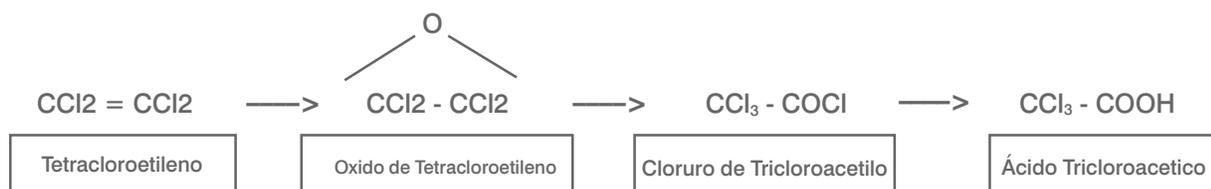
#### Frases de Riesgo <sup>(9)</sup>

**R40:** Posibles efectos cancerígenos

**R51/53:** Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático

Las exposiciones a Tetracloroetileno se pueden producir por fuentes medioambientales, laborales y de productos de consumo. Los niveles a los que están expuestos el común de las personas tanto en áreas rurales como en áreas urbanas son tan bajos que no se presentan efectos importantes en la salud; no obstante, aquellas personas que intervienen en la manufactura o transformación de la sustancia en fábricas o industrias si pueden presentar exposiciones de alguna consideración. Otro conjunto de personas que se encuentran dentro del grupo de alto riesgo son aquellas que trabajan en lavanderías donde se usa el Tetracloroetileno en procedimientos de lavado en seco, pero aún aquí los niveles son tolerables en condiciones de buena ventilación <sup>(4, 7)</sup>.

El Tetracloroetileno se puede absorber en el organismo de forma cutánea, oral o respiratoria pero la mayor parte entra por ingestión o por respiración. Una vez dentro del organismo solo se metaboliza cerca del 3% y el resto regresa al ambiente sin ningún cambio a través de la respiración. Los metabolitos que se generan permanecen en el cuerpo durante algunos días principalmente en la sangre y tejido graso y luego se eliminan por la orina <sup>(4, 6)</sup>. El proceso metabólico que sigue el Tetracloroetileno una vez ingresa al organismo se ilustra a través del siguiente esquema:



El vapor de Tetracloroetileno es narcótico. Altas concentraciones de Tetracloroetileno en áreas cerradas o pobremente ventiladas pueden causar mareo, dolor de cabeza, somnolencia, confusión, náusea, dificultad para hablar y para caminar, inconciencia y, en casos extremos, la muerte. La inhalación o ingestión de Tetracloroetileno puede causar depresión del sistema nervioso central y efectos cardiovasculares; además, de acuerdo con estudios realizados en animales, presenta efectos en riñones e hígado y algunos efectos en embriones a concentraciones muy altas. En concentraciones altas, esta sustancia irrita los ojos, membranas mucosas y el tracto respiratorio. De forma líquida es irritante para la piel y puede causar efectos como enrojecimiento, formación de llagas, escaldaduras y en general quemaduras de tipo químico. Los daños que se pueden presentar en el sistema nervioso central ocurren de forma inmediata en seguida de una exposición mientras que el daño en órganos, como el hígado y los riñones, se puede retardar por espacio de horas e incluso días <sup>(3, 6, 11)</sup>.

#### 4.23.3.1 INHALACIÓN

Debido a las características y forma de uso del Tetracloroetileno, la inhalación de sus vapores constituye la forma más común de exposición en cualquier ámbito. La fuente más común reportada para exposiciones respiratorias la consti-

tuyen los establecimientos de lavado en seco donde se trabaja con este material; el personal que labora en estos lugares puede estar expuesto a niveles de Tetracloroetileno tan altos como 4000 mg/m<sup>3</sup> pero por lo general son más bajos si se tiene buena ventilación; personas que viven cerca de estos sitios se exponen a niveles mayores que el común de la gente pero aún estos niveles no causan efectos adversos en la salud; aquellos que llevan a sus casas ropa procedente de lavanderías liberan pequeñas cantidades de Tetracloroetileno en el ambiente doméstico, sin embargo la exposición es poco significativa<sup>(3,4,7)</sup>.

La cantidad que se absorbe en el organismo por causa de una exposición por inhalación a esta y, en general, a cualquier sustancia que se encuentre presente en el aire que se respira depende de su concentración en el aire, de la frecuencia respiratoria, de la profundidad de la inhalación y del tiempo de permanencia en el ambiente contaminado<sup>(4,7)</sup>.

El Tetracloroetileno es un químico de rápida absorción vía pulmonar; circunstancia que se favorece si se desarrolla actividad física moderada en el ambiente contaminado. A través de los pulmones esta sustancia alcanza el torrente sanguíneo y desde allí se distribuye por todo el organismo reteniéndose principalmente en el tejido graso del cuerpo. La vida media del Tetracloroetileno en el organismo se encuentra alrededor de 320 minutos para la sangre y 580 minutos para el tejido graso, sin embargo la eliminación completa del químico puede tardar varios días o incluso semanas. La inhalación repetida resulta en acumulación transitoria de este compuesto en el organismo<sup>(5)</sup>.

El Tetracloroetileno se puede percibir por el olfato para la mayoría de las personas en el intervalo entre 5 y 50 ppm, donde no presenta efectos adversos agudos para la salud humana. El olor es una forma adecuada de aviso ante exposiciones agudas con esta sustancia pero no así a exposiciones crónicas ya que las personas expuestas generan fatiga del olfato que hace que aumente su límite inferior de percepción<sup>(6)</sup>.

Niveles de Tetracloroetileno de entre 75 y 100 ppm en el aire pueden causar irritación ocular leve, niveles de 216 ppm o mayores producen irritación respiratoria de forma inmediata. En concentraciones de entre 100 y 300 ppm se comienzan a sentir los primeros efectos sobre el sistema nervioso central, que pueden incluir somnolencia, dolor de cabeza y pérdida de la coordinación en los movimientos. Durante exposiciones de 1000 a 1500 ppm durante periodos de 2 horas se presentan además cambios en el estado de ánimo, debilidad muscular, mareo fuerte y perturbación de las funciones del sistema nervioso. Exposición a mayores concentraciones por periodos mas prolongados pueden conllevar colapso respiratorios, coma y en algunos casos la muerte. A concentraciones altas, el Tetracloroetileno es un agente anestésico potente y por tal razón se puede presentar muerte súbita por causa de una depresión severa del sistema respiratorio en seguida de una exposición por inhalación<sup>(5,6)</sup>.

La exposición a esta sustancia puede generar Síndrome de Disfunción Reactiva de Vías Respiratorias (RADS), que es un tipo de asma producto de exposición a agentes irritantes químicos. Los vapores de esta sustancia son más pesados que el aire y se pueden acumular en espacios pobremente ventilados o de baja altura, lo que puede generar peligros de asfixia en individuos que se encuentren en dichas áreas<sup>(6)</sup>.

Niños expuestos a los mismos niveles que adultos pueden absorber dosis mayores porque ellos poseen mayor área pulmonar en relación a su área corporal y tienen mayor frecuencia respiratoria. Además pueden estar expuestos a concentraciones mayores por causa de su baja estatura<sup>(6)</sup>.

#### 4.23.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS

Los vapores de Tetracloroetileno tienen una velocidad de absorción por la piel relativamente mucho menor que por la exposición respiratoria. El principal efecto que se presenta sobre la piel y los ojos obedece a irritaciones y quemaduras locales por contacto<sup>(4)</sup>.

Los efectos en los ojos por causa vapores de Tetracloroetileno en el aire inician su aparición a concentraciones de



100 a 200 ppm; en donde se produce irritación leve y pasajera. En niveles de entre 200 y 600 ppm se siente sensación de ardor y punzadas dolorosas y por arriba de 1000 ppm la irritación ocular es severa e insoportable aún en cortos periodos de tiempo <sup>(5,6)</sup>.

Las salpicaduras de Tetracloroetileno en los ojos causan irritación, irritación severa de las membranas mucosas, hinchazón, lacrimación y sensibilización ante la luz <sup>(6)</sup>.

El contacto directo del líquido o de vapores de alta concentración (mayores de 1000 ppm) con la piel causa irritación, sensación de ardor y formación de llagas en periodos cortos. La exposición prolongada mayor a 5 horas a Tetracloroetileno en forma líquida puede causar quemaduras químicas que de acuerdo con la intensidad de la duración pueden ser de segundo o tercer grado o ambas en diferentes zonas del cuerpo <sup>(5,6)</sup>.

#### **4.23.3.3 INGESTIÓN**

La ingestión no es una forma común para el ingreso de grandes cantidades de Tetracloroetileno al organismo como para tener efectos agudos, no obstante, este tipo de contacto con la sustancia se puede presentar en casos accidentales o en intentos de suicidio. En mínimas cantidades puede ingresar al organismo cuando se ingieren bebidas o alimentos contaminados; que tanto ingrese por esta vía depende de cuanto esté presente en el alimento que se ingiera <sup>(4)</sup>.

Cuando el Tetracloroetileno ingresa al cuerpo por esta ruta, se absorbe rápida y completamente hasta alcanzar el torrente sanguíneo, de donde se distribuye al tejido graso de todo el cuerpo. De esta forma ocurre acumulación transitoria en el hígado, riñones y grasa aunque no en el cerebro <sup>(5)</sup>.

La ingestión de Tetracloroetileno puede causar efectos sistémicos en el hígado y riñones iguales a los que se presentan por su inhalación. En ratas, la cantidad suficiente reportada para producir el deceso de la mitad de la población corresponde a entre 3000 y 4000 mg/kg; en estos casos, la muerte de los animales fue precedida de temblores, falta de coordinación en los movimientos y depresión severa del sistema nervioso central <sup>(5,6)</sup>.

#### **4.23.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

La exposición prolongada a Tetracloroetileno puede causar desordenes de la memoria y de la concentración, problemas en la visión, mareo constante, irritabilidad, falta de coordinación de los movimientos y perturbaciones del sueño. Los efectos neurológicos crónicos que se presentan por la exposición de Tetracloroetileno tienen que ver con sus propiedades solventes sobre componentes orgánicos en las células cerebrales <sup>(5)</sup>. La exposición crónica puede causar anormalidad en el funcionamiento del hígado y los riñones. En la piel se puede generar dermatitis crónica <sup>(3,6)</sup>.

En trabajadores de lavanderías donde se trabaja con Tetracloroetileno se han reportado pérdidas en la capacidad de percepción de colores; los niveles de exposición en estos lugares es en promedio de 7,3 ppm y el tiempo acumulada de exposición de en promedio 106 meses. Estudios posteriores con relación a este efecto demuestran que se presenta no por desordenes oculares sino por trastornos neurológicos de la visión <sup>(5)</sup>.

En investigaciones en ratas, se ha encontrado que la exposición crónica intermitente (103 semanas) a 400 ppm de Tetracloroetileno en el aire genera úlcera estomacal, la cual no se presentó a concentraciones de 200 ppm bajo las mismas condiciones <sup>(5)</sup>. En estudios en ratas, dosis de 470 mg/kg/día durante 5 días a la semana por 78 semanas resultan mortales para la mitad de la población en análisis.

#### **4.23.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

##### **4.23.3.5.1 Efectos Cardiovasculares**

Aunque existen solo algunas referencias al respecto de los efectos cardiovasculares generados por la exposición oral, dérmica o respiratoria con Tetracloroetileno en seres humanos, se reporta que esta sustancia esta asociada con la

presencia de arritmias cardíacas por exposición respiratoria <sup>(5)</sup>.

#### **4.23.3.5.2 Efectos Hematológicos**

No se han reportado efectos hematológicos por exposición respiratoria, oral o dérmica en forma aguda o crónica debidos al contacto con Tetracloroetileno.

#### **4.23.3.5.3 Efectos Musculares**

No hay estudios reportados con relación a los efectos musculares causados por la exposición aguda o crónica por cualquier vía a Tetracloroetileno.

#### **4.23.3.5.4 Efectos Hepáticos**

El hígado es uno de los órganos objetivo para el Tetracloroetileno luego de exposiciones agudas dérmicas, orales o respiratorias. La exposición respiratoria a altos niveles de Tetracloroetileno puede causar daños hepáticos como ictericia o hepatomegalia; estos efectos por lo general se presentan luego de varios días después de la exposición. De forma oral o cutánea, los efectos generados son similares a los que se dan por inhalación <sup>(5,6)</sup>.

En animales se han reportado lesiones hepáticas luego de exposición respiratoria. Los estudios reportan necrosis de células hepáticas a concentraciones de 400 ppm en ratas y cirrosis en conejillos de indias a la misma concentración <sup>(5)</sup>.

#### **4.23.3.5.5 Efectos Renales**

A muy altos niveles de exposición en el aire se presenta presencia de proteínas y sangre en la orina y fallo renal relacionado con la retención de líquidos en los individuos expuestos. No existen efectos renales reportados causados por exposición a bajos niveles de Tetracloroetileno en forma crónica <sup>(6)</sup>.

#### **4.23.3.5.6 Efectos Endocrinos**

No se encontraron estudios relacionados con los efectos endocrinos de la exposición a Tetracloroetileno en forma aguda o crónica.

#### **4.23.3.5.7 Efectos Inmunológicos**

No existen estudios en seres humanos relacionados con los efectos inmunológicos que se pueden presentar por exposición a Tetracloroetileno. Algunos estudios en ratas reportan susceptibilidad a crecimiento bacteriano infeccioso en los pulmones luego de exposición por inhalación a 50ppm durante 3 horas <sup>(5)</sup>.

#### **4.23.3.5.8 Efectos Neurológicos**

El sistema nervioso central es el objetivo principal de la exposición por inhalación a vapores de Tetracloroetileno. La exposición aguda, dependiendo de la concentración, puede causar de cambios transitorios de estado de ánimo, irritabilidad, dolor de cabeza, cambios transitorios en el comportamiento, falta de coordinación, trastornos del lenguaje, náusea y efectos anestésicos que en algunos casos pueden llevar al estado de coma o a la muerte. La acción depresiva del Tetracloroetileno sobre el sistema nervioso central obedece a su efecto de solvente sobre los componentes lipídicos y protéicos de las membranas celulares en las neuronas <sup>(5,6)</sup>.

Los efectos anestésicos se documentaron para concentraciones de 500 a 5000 ppm. Cambios de ánimo, ataxia, debilidad muscular y mareo se reportaron a concentraciones de 1000 a 1500 ppm por periodos menores a 2 horas. En 2000 ppm por 5 a 7 minutos se reporta colapso respiratorio inminente. En periodos de exposición de 7 horas a 100 ppm se reporta dolor de cabeza, mareo, dificultad del habla y adormecimiento <sup>(5)</sup>.

Los efectos neurológicos agudos que se presentan luego de ingestión de Tetracloroetileno son similares a los que se presentan por inhalación. Se presentan efectos anestésicos, somnolencia y coma. Otros efectos reportados incluyen adormilamiento y alucinaciones.



#### 4.23.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL<sub>50</sub> (oral, ratas): 2629 mg/kg<sup>(12)</sup>

CL<sub>50</sub> (inhalación, ratas): 32,2 g/m<sup>3</sup>/8 horas<sup>(12)</sup>

La mayoría de los estudios en seres humanos orientados a identificar problemas de desarrollo, reproducción y cáncer en la exposición a Tetracloroetileno se han realizado sobre empleados de lavanderías que usan esta sustancia en procedimientos de lavado en seco.

La IARC (International Agency for Research of Cancer) ha clasificado al Tetracloroetileno dentro del grupo de sustancias probablemente cancerígenas teniendo como base una serie de estudios en animales. En seres humanos, se ha reportado incidencia significativa de cáncer de vejiga, pulmón, hígado, riñón y esófago en empleados de lavanderías de ambos sexos que están expuestos a bajos niveles de Tetracloroetileno en el ambiente laboral (hasta 20 ppm) por largos periodos de tiempo<sup>(3,5,6)</sup>.

Se han reportado desordenes reproductivos en mujeres que trabajan como empleadas en lavanderías donde se usa Tetracloroetileno; los efectos incluyen desordenes menstruales y aborto espontáneo; no obstante los resultados son poco concluyentes debido al reducido número de personas analizadas en cada ensayo y a falta de controles al respecto de exposición a otros químicos<sup>(3,5)</sup>.

No se han reportado efectos teratogénicos o genotóxicos en animales o humanos en los estudios llevados a cabo para estos fines<sup>(5)</sup>.

#### 4.23.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

##### 4.23.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

No existe un antídoto para contrarrestar los efectos del Tetracloroetileno. El tratamiento consiste en soporte de las funciones respiratorias y cardiovasculares de las personas afectadas<sup>(6)</sup>. Para casos de exposición aguda es necesario que la víctima luego de recibir los primeros auxilios sea remitida a un centro hospitalario para tratamiento posterior.

##### 4.23.5.1.1. Exposición en Ojos

Si entra Tetracloroetileno en forma líquida o como vapor en los ojos, éstos se deben lavar inmediatamente con grandes cantidades de agua, levantando ocasionalmente el párpado superior e inferior para retirar cualquier rastro de Tetracloroetileno que haya podido haberse acumulado en esta área y represente un peligro posterior. Si se presenta irritación ocular luego de la aplicación de los primeros auxilios, la víctima se debe remitir para asistencia médica. No se deben usar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento de primeros auxilios teniendo cuidado de no causar lesiones adicionales<sup>(6,11)</sup>.

##### 4.23.5.1.2 Exposición en la Piel

La persona afectada se debe retirar de la fuente de exposición lo más rápidamente posible. Si Tetracloroetileno entra en contacto con la piel, el área afectada se debe lavar de forma rápida usando agua y jabón. Si la exposición implica el traspaso de esta sustancia a través de la ropa, ésta se debe retirar inmediatamente y la piel afectada se debe lavar con agua y jabón. Si existe irritación de la piel luego de la exposición, la víctima se debe remitir por asistencia médica en el menor tiempo posible<sup>(11)</sup>.

##### 4.23.5.1.3 Inhalación

La persona afectada se debe retirar de la exposición y se debe llevar a un área con aire fresco. Si la víctima ha dejado

de respirar, se deben administrar procedimientos de respiración artificial hasta su recuperación o hasta la llegada de personal calificado de atención. La persona afectada se debe mantener en reposo y caliente. Si la víctima está respirando con mucho esfuerzo y en el lugar de la emergencia existen medios para la administración de Oxígeno de un respirador, este procedimiento se debe realizar hasta la llegada del personal de atención especializado <sup>(11)</sup>.

#### 4.23.5.1.4 Ingestión

Una persona que haya ingerido Tetracloroetileno se debe remitir para asistencia médica de forma inmediata. No se debe inducir el vómito en la persona afectada. La víctima debe ingerir gran cantidad de agua y, si está disponible en el lugar del accidente, una suspensión de entre 60 y 90 gramos de carbón activado en 2 tazas de agua para una persona adulta y entre 25 y 50 gramos de carbón activado en 1 taza de agua para niños <sup>(6, 11)</sup>.

#### 4.23.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

#### 4.23.5.2 INCENDIOS

Esta no es una sustancia inflamable o explosiva. Si esta sustancia se ve envuelta en incendios, el personal de atención debe portar máscaras de respiración autocontenida debido a la liberación de gases tóxicos que se puede presentar <sup>(11)</sup>.

#### 4.23.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS <sup>(11)</sup>

Si esta Tetracloroetileno se derrama o escapa, se deben efectuar los siguientes procedimientos:

- Ventilar el área de derrame o de fuga.
- Recolectar el material derramado con arena seca o aserrín para su posterior disposición.

Las personas que no porten equipo de seguridad se debe retirar de la zona de fuga o derrame hasta que se hayan completado los procedimientos de limpieza.

#### 4.23.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 25 ppm; 170 mg/m<sup>3</sup> (1995) <sup>(5, 10)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 100 ppm; 670 mg/m<sup>3</sup> (1993) <sup>(5, 10)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 100 ppm; 670 mg/m<sup>3</sup> (1993) <sup>(5, 10)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 150 ppm; 1020 mg/m<sup>3</sup> (1994) <sup>(10)</sup>

**STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH):** 100 ppm; 670 mg/m<sup>3</sup> (1995) <sup>(10)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.23.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(11)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropa impermeable, guantes, escudos faciales y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir contacto con la piel prolongado o repetido con Tetracloroetileno líquido.
- La ropa no impermeable que se contamine Tetracloroetileno líquido se debe retirar rápidamente y no se debe volver a usar hasta que se retire de ella el Tetracloroetileno.

C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>

Tetracloroetileno

- La ropa que se humedezca con Tetracloroetileno se debe ubicar en contenedores cerrados hasta que se vaya a realizar su descontaminación. La persona que deba lavar o limpiar la ropa contaminada debe estar informada acerca de los peligros presentes por la exposición a Tetracloroetileno.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista la posibilidad que Tetracloroetileno líquido entre en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad de que Tetracloroetileno líquido entre en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

#### 4.23.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(11)</sup>

Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, se debe instituir un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 70. Protección respiratoria mínima para Tetracloroetileno en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 100 ppm (OSHA)
Concentración de vapores de hasta 500 ppm	Cualquier respirador con cartucho químico con pieza facial completa y cartuchos para vapores orgánicos. Una máscara de gases de tipo mentón o con cilindro para vapores orgánicos frontal o posterior. Cualquier respirador con suministro de aire con pieza facial completa, yelmo o capucha Cualquier dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa para todo el rostro.
Concentración mayor a 500 ppm o concentraciones desconocidas	Dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya un respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión o cualquier otro modo de presión positiva o flujo continuo y un dispositivo de respiración autocontenido operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Lucha contra el fuego	Dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva
Evacuación	Cualquier máscara de gases que provea protección contra vapores orgánicos Cualquier dispositivo de respiración autocontenido para evacuación.

Tomado de "OSHA; Occupational Health Guideline for Tetracloroethylene" (11)

#### 4.23.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con Tetracloroetileno, el personal implicado en su manipulación se debe entrenar en su manejo y almacenamiento. Además debe estar entrenado en el uso del equipo de protección personal.

##### 4.23.8.1 FRASES DE SEGURIDAD <sup>(9)</sup>

**S2:** Manténgase fuera del alcance de los niños

**S23:** No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles (denominación adecuada a especificar por el fabricante)

**S62:** En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstrelle el envase

**S36/37:** Usense indumentaria y guantes de protección adecuados

#### 4.23.8.2 ALMACENAMIENTO

Sustancias como etanos y etenos Clorados deben ser analizados cuidadosamente antes de su almacenamiento en búsqueda de agua, Acidos libres y cantidad adecuada de agentes estabilizantes ya que su descomposición provoca corrosión excesiva en tanques de almacenamiento metálico donde se confina por largos periodos de tiempo <sup>(1)</sup>. Se debe tener cuidado en el almacenamiento de esta sustancia en recipientes plásticos o con recubrimientos orgánicos ya que esta sustancia es un solvente muy fuerte que puede atacar este tipo de materiales <sup>(1)</sup>.

El área de almacenamiento de Tetracloroetileno debe estar muy bien ventilada con especial atención a las áreas cercanas al piso, debe ser un lugar fresco, separado del lugar de almacenamiento de las sustancias que constituyen sus incompatibilidades y protegido contra la acción de los rayos solares directos.

#### 4.23.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES <sup>(11)</sup>

**Tabla 71. Usos, generación y control de emisiones de Tetracloroetileno**

Uso / Generación	Control
Usado como solvente de lavado en seco; como agente desengrasante y de limpieza en metales; en desengrase con vapor de partes metálicas.	Ventilación local del proceso; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.
Usado como químico intermedio en la producción de fluorocarbonados, pesticidas y ácido tricloroacético.	Ventilación local del proceso; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.
Usado en la limpieza industrial de telas y textiles en general.	Ventilación local del proceso; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.
Usado como solvente en la industria del caucho, textiles, impresión, jabones y como removedor de pinturas.	Ventilación local del proceso; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.
Usado como agente de extracción de aceites minerales y vegetales y como fungicida.	Ventilación local del proceso; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.

#### 4.23.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

Por lo general y gracias a su alta volatilidad, los escapes de Tetracloroetileno al medio ambiente se dirigen casi de forma exclusiva a la atmósfera. La fuente primordial de liberación la constituye, más que sus procesos de producción, sus usos, en donde se requiere que se volatilice junto con impurezas en procesos de limpieza en seco de partes metálicas y de lavado de textiles <sup>(4)</sup>.

Puede entrar al suelo o al agua durante su disposición junto con material de desecho o cuando se producen fugas en tanques de almacenamiento subterráneos y también por causa de fenómenos de deposición húmeda desde la atmósfera <sup>(4)</sup>.

##### 4.23.10.1 AIRE

El proceso de transformación dominante para el Tetracloroetileno en la atmósfera es una reacción con radicales hidroxilo generados fotoquímicamente. Su vida media por acción de esta ruta se ha calculado entre 70 y 250 días. Estas reacciones son dependientes de la temperatura y por tal motivo en los meses más cálidos los periodos de degradación pueden ser menores. Los productos generados por esta vía incluyen fosgeno, Cloruros de Cloroacetilo, Acido Fórmico, monóxido de Carbono, Tetracloruro de Carbono y Acido Clorhídrico <sup>(3, 5, 7)</sup>.

La larga vida media que presenta el Tetracloroetileno en el aire hace pensar que existe para él un transporte global de gran escala. Datos de estudios enfocados en esta materia demuestran la presencia de Tetracloroetileno en áreas remotas, lejos de cualquier fuente de producción o manejo humano <sup>(4,5)</sup>.

El Tetracloroetileno atmosférico puede sufrir procesos de deposición húmeda pero no de deposición seca. La reacción de Tetracloroetileno con ozono en la atmósfera es muy lenta para considerarla como una vía de remoción <sup>(5)</sup>.

El Tetracloroetileno ambiental no alcanza por lo regular niveles muy altos como para considerarse tóxico para la salud de seres humanos, plantas o animales. Las concentraciones de Tetracloroetileno en áreas rurales son por lo general de unas 0,16 ppb, en zonas urbanas de 0,79 ppb y 1,3 ppb para lugares cercanos a fuentes de emisión <sup>(5,7)</sup>.

#### **4.23.10.2 AGUA**

El Tetracloroetileno puede alcanzar lechos de agua por medio de fugas, derrames y vertimientos desde plantas que lo usan en procesos de limpieza, como la de los metales y de las telas y textiles. También puede llegar por acción de la deposición húmeda en la lluvia del Tetracloroetileno atmosférico <sup>(5)</sup>.

La vía de eliminación más rápida del Tetracloroetileno en el agua es la volatilización a la atmósfera; ésta se ve retardada debido a que el Tetracloroetileno es mas denso que el agua y además poco soluble en ella y por tanto tiende a permanecer en el fondo. Otros factores que influyen la velocidad de volatilización del Tetracloroetileno desde el agua incluyen la temperatura ambiente, el movimiento de la masa de agua, la profundidad del lecho acuoso y el movimiento del aire que arrastra la sustancia <sup>(3,5)</sup>.

Otra vía de transformación del Tetracloroetileno en el agua consiste en la degradación microbiana hasta otras sustancias que pueden llegar a tener efectos igualmente nocivos como el Tricloroetileno y pequeñas cantidades de cis y trans Dicloroetileno. Esta se da manera prioritaria en lechos con aguas predominantemente estancadas como en lagos y pozos profundos; en concordancia con este hecho, se ha reportado que la vida media del Tetracloroetileno en ríos es de entre 3 y 30 días mientras que en lagos su valor es diez veces mayor (30 a 300 días) <sup>(3,4,5,7)</sup>.

El Tetracloroetileno no se transforma de manera rápida en medio acuoso natural por causa de reacciones de fotólisis o hidrólisis, las que solo se presentan a temperaturas y pH altos <sup>(5)</sup>.

No existe evidencia que el Tetracloroetileno se acumule en animales acuáticos como peces, almejas y otros pero si se ha detectado su presencia en bajas cantidades en diversos estudios <sup>(4)</sup>.

La concentración en el agua es tan baja que rara vez alcanza los niveles de 1 ppm y por lo general las concentraciones en el agua se encuentran en el orden de 1 ppt (parte por trillón). No obstante las cantidades aumentan en lugares cerca de fuentes de emisión hasta 1500 ppb <sup>(5,7)</sup>.

#### **4.23.10.3 SUELO**

La cantidad relativa de Tetracloroetileno liberada en el suelo solo llega a un 0,07% del total liberado en el medio ambiente. Muchos de los procesos en los que se usa el Tetracloroetileno como solvente involucran su reciclaje por varios métodos; éstos producen lodos contaminados con Tetracloroetileno que son una de las fuentes de liberación en el suelo. Otra de las formas de contaminación del suelo se puede presentar por fenómenos de lixiviación desde lugares de disposición no seguros así como también por el escape desde tanques de almacenamiento subterráneos <sup>(5)</sup>.

La eliminación del Tetracloroetileno del suelo se da en forma principal por acción de la volatilización, donde los factores principales involucrados corresponden a la temperatura ambiente, la velocidad del aire y el tipo de suelo. La velocidad de volatilización del Tetracloroetileno en el suelo es mas baja por lo regular que en el agua teniendo un valor 10 o 100

veces menor. La principal razón para este comportamiento se relaciona con fenómenos de adsorción y afinidad por diferentes sustratos presentes en el suelo <sup>(5)</sup>.

La biodegradación del Tetracloroetileno en el suelo solo ocurre bajo condiciones específicas y solo se lleva a cabo hasta un porcentaje definido. La principal limitante corresponde a la presencia de bacterias anaeróbicas apropiadas ya que de otro modo, el Tetracloroetileno inhibe por algún tiempo la actividad bacteriana. La descomposición bacteriana del Tetracloroetileno en el suelo genera principalmente Tricloroetileno <sup>(5)</sup>.

Se han reportado contenidos de Tetracloroetileno en diferentes suelos del orden de hasta 6 ppm <sup>(5)</sup>.

#### 4.23.11 ECOTOXICIDAD <sup>(7)</sup>

Toxicidad para Peces

Trucha arcoiris CL<sub>50</sub>, 96 horas: 21,4 mg/l

#### Toxicidad en Algas

*Phaeodactylum tricornutum* EC<sub>50</sub>: 10,5 mg/l

#### Toxicidad en Invertebrados

*Elminius modestus* CL<sub>50</sub>, 48 horas: 3,5 mg/l

#### 4.23.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

Una posibilidad para el tratamiento de residuos que contienen Tetracloroetileno consiste en la retención sobre algún material absorbente como arena seca o carbón activado para luego efectuar su disposición en un relleno de seguridad apropiado y abalado por el gobierno local. Otra posibilidad consiste en la incineración a temperaturas mayores de 450 °C previa mezcla con un combustible como gasolina. En éste último la combustión debe ser completa para evitar la formación de fosgeno y se debe instalar una torre de absorción de gases para retirar el Acido Clorhídrico que se forma en el proceso <sup>(5)</sup>.



Tetracloroetileno

#### 4.23.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B; Hawkins S. y otros; Ullman 's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 6; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS Substances, Tetrachloroethylene [en línea]. Enero de 1987, última revisión Marzo de 1988 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0106.htm>.
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. ToxFAQ 's for Tetrachloroethylene (PERC) [en línea]. Septiembre de 1997 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts18.html>
4. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Statement for Tetrachloroethylene [en línea]. Septiembre de 1997 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs18.html>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Tetrachloroethylene [en línea]. Septiembre de 1997 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp18.html>
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Medical Management Guidelines for Tetrachloroethylene [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualización Julio 30 de 2003 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg18.html>

7. Organización Mundial de la Salud. *Environmental Health Criteria 31, Tetrachloroethylene* [en línea]. 1984 [citado Julio 28 de 2003].
8. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *International Chemical Safety Cards, Tetrachloroethylene* [en línea]. Abril de 2000 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc00/icsc0076.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc00/icsc0076.htm)
9. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Septiembre de 1999 [citado Mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
10. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Sampling Information, Perchloroethylene* [en línea]. Fecha de publicación desconocida [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_260500.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_260500.html)
11. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Occupational Health Guideline for Tetrachloroethylene* [en línea]. 1978 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0599.pdf>
12. Mallinckrod, Baker Inc. *Material Safety Data Sheet, Tetrachloroethylene* [en línea]. Mayo de 2003 [citado Agosto 4 de 2003]. Disponible en <http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/T0767.htm>

Tetracloroetileno

4.24

Toluendisocianato

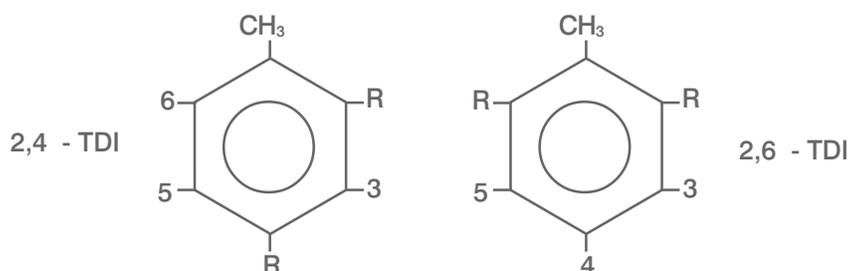
- 4.24.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.24.1.1 SINONIMOS
  - 4.24.1.2 DESCRIPCION
  - 4.24.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.24.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.24.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.24.1.5.1 Incompatibilidades
  
- 4.24.2 PRODUCCIÓN APLICACIONES Y USOS
  - 4.24.2.1 PRODUCCION
    - 4.24.2.1.1 Fosgenación de Aminas Libres
    - 4.24.2.1.2 Procesos sin Fosgeno
  - 4.24.2.2 APLICACIONES Y USOS
  
- 4.24.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.24.3.1 INHALACION
  - 4.24.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.24.3.3 INGESTION
  - 4.24.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.24.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
  
- 4.24.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
  
- 4.24.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.24.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.24.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.24.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.24.5.1.3 Inhalación
    - 4.24.5.1.4 Ingestión
    - 4.24.5.1.5 Rescate
  - 4.24.5.2 INCENDIOS
  - 4.24.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
  
- 4.24.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

- 4.24.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.24.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
  
- 4.24.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.24.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.24.8.2 ALMACENAMIENTO
  
- 4.24.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.24.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.24.10.1 AIRE
  - 4.24.10.2 AGUA
  - 4.24.10.3 SUELO
  
- 4.24.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.24.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION
  
- 4.24.13 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.24.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(1,6)</sup>

**Fórmula Molecular:** C<sub>9</sub>H<sub>6</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / CH<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>(NCO)<sub>2</sub>

**Estructura Molecular:**



**CAS:**

26471-62-5 (mezcla comercial)

584-84-9 (2,4-isómero)

91-08-7 (2,6- isómero)

1321-38-6 (crudo, Diisocianatometil Benceno)

**Número UN:** 2078

**Clase de Riesgo Principal UN:** 6.1

##### 4.24.1.1 SINÓNIMOS

###### 2,6 Toluen Diisocianato <sup>(4,7)</sup>

2,6-DiisocianatoTolueno; 2,6-Diisocianato-1-metil Benceno; Toluen 2,6-Diisocianato; 2,6-TDI; 2,6 Toluen Diisocyanate (Inglés); 2,6 Di-isocianato de Toluylyene (Francés); 2,6 Diisocyanat – Toluol, 2,6 Tolueen Diisocyanat, 2,6 Toluylendiisocyanat (Alemán); 2,6 Toluen – Diisocianato (Italiano).

###### 2,4 Toluen Diisocianato <sup>(4,8)</sup>

4-Metil-meta-fenileno Diisocianato; 2,4-DiisocianatoTolueno; 2,4-Diisocianato-1-metil Benceno; 2,4 Toluen Diisocyanate (Inglés); 2,4 Di-isocianato de Toluylyene (Francés); 2,4 Diisocyanat – Toluol, 2,4 Tolueen Diisocyanat, 2,4 Toluylendiisocyanat (Alemán); Toluen – Diisocianato (Italiano).

##### 4.24.1.2 DESCRIPCIÓN

Los Toluen Diisocianatos (TDIs) son químicos orgánicos sintéticos, que son producidos en dos formas isoméricas; 2,4-Toluen Diisocianato (2,4-TDI) y 2,6-Toluen Diisocianato (2,6-TDI) <sup>(6)</sup>.

A temperatura ambiente, el Toluen Diisocianato (TDI) es un líquido claro, ligeramente amarillento, con un olor irritante marcado. Es combustible a temperaturas elevadas; al quemarse produce gases tóxicos (cianuros y dióxido de Nitrógeno, e isocianatos en el caso de 2,6 TDI). Es volátil, por lo que puede generar concentraciones tóxicas a temperatura ambiente. Su olor no es determinante para advertir concentraciones peligrosas.

Las dos formas isoméricas del Toluen Diisocianato poseen propiedades y efectos similares. La mezcla comercial 80:20 tiene las mismas propiedades organolépticas que los isómeros por separado <sup>(5,7,8)</sup>.

Los Toluen Diisocianatos son solubles en Acetona, Acetato de Etilo, Éter, Benceno, Tetracloruro de Carbono, Cloro Benceno, Queroseno, y diversos aceites como el de maíz. <sup>(6)</sup>



#### 4.24.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES <sup>(13)</sup>

Comercialmente está disponible en tres proporciones: (a) concentración de 2,4-TDI mayor o igual al 99.5%; (b) concentración de 2,4-TDI igual al 80% y 20% de 2,6-TDI, la cual es la más común y se hace referencia a esta como mezcla 80:20 y (c) concentración de 2,4-TDI del 60% y 40% de 2,6-TDI. También se encuentra disponible a nivel comercial el Toluen Diisocianato «crudo» (Crude-TDI), cuya proporción de cada uno de los isómeros no está identificada, pero esta mezcla no es mundialmente utilizada <sup>(6)</sup>.

#### 4.24.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(3, 6, 7, 8)</sup>

Tabla 72. Propiedades físicas del Toluendiisocianato

PROPIEDAD	2,4-isómero	2,6-isómero	Mezcla comercial (2,4-2,6)
<b>Peso Molecular (g/mol)</b>	174.2	174.2	No Aplica
<b>Punto de Ebullición (°C)</b>	251; (760 mmHg)	129-133; (18 mmHg)	251; (760 mmHg)
<b>Punto de Fusión (°C)</b>	22		12.5 - 13.5; mezcla 80:20 4.7 - 6; mezcla 65:35
<b>Presión de Vapor, mmHg</b>	0.0098; 20°C 0.025; 25°C 1.0; 80°C	0.015; 20°C	0.01; 20 °C 0.5; 25°C 1.9; 94°C
<b>Gravedad Específica (Agua = 1)</b>	1.2244; 20/4°C 1.2481; 30°C	1.2; 20/4°C	1.22; 25/15°C
<b>Densidad del Vapor (Aire = 1)</b>	6.0	6.0	6.0
<b>pH</b>	No reportado	No reportado	No reportado
<b>Solubilidad en agua</b>	Reacciona	Reacciona	Reacciona
<b>Límites de Inflamabilidad, % vol</b>	0.9 - 9.5	0.9 - 9.5	0.9 - 9.5
<b>Temperatura de Auto Ignición (°C)</b>	620	620	620
<b>Punto de Inflamación (°C)</b>	127	127	132; ambas concentraciones

#### 4.24.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Toluen Diisocianato reacciona con el agua generando Dióxido de Carbono junto con alta liberación de calor y con la mayoría de ácidos para producir ácidos carbónicos inestables, los cuales posteriormente se descarbonizan (elevando la presión en contenedores cerrados) para producir urea polimérica químicamente inerte e insoluble. El 2,4 TDI también puede polimerizarse por la acción de bases o calor, con peligro de hacer explosión. La reacción entre el Toluen Diisocianato y el agua no se lleva a cabo en fase gaseosa.

##### 4.24.1.5.1 Incompatibilidades

El contacto con oxidantes fuertes puede causar incendios y explosiones. El contacto con agua, ácidos, bases y Aminas puede causar reacciones que liberan calor causando burbujeo violento y salpicaduras; ataca ciertas clases de plástico, caucho y recubrimientos <sup>(11)</sup>.

El Toluen Diisocianato puede reaccionar violentamente con compuestos que contengan hidrógenos activos, como los alcoholes, generando calor suficiente para permitir la liberación de productos de combustión muy tóxicos. Se debe evitar el contacto accidental de TDI con Aminas, en especial las terciarias ya que estas sustancias catalizan sus reacciones y las hacen más violentas.

#### 4.24.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

##### 4.24.2.1 PRODUCCIÓN

No se han reportado procesos naturales por los cuales se obtenga Toluen Diisocianatos, así que las únicas fuentes corresponden a las humanas.

El proceso de producción de Toluen Diisocianato más importante a nivel industrial es la reacción de Fosgeno con Aminas o sales de Aminas, pero se busca cambiar este método por causa de la toxicidad del Fosgeno. A nivel de laboratorio, se puede utilizar Triclorometil Cloroformiato líquido (diFosgeno), y bis (Triclorometil) Carbonato sólido (TriFosgeno) para obtener isocianatos en general a partir de Aminas.

La dinitración de Tolueno, produce una mezcla de 2,4 y 2,6 dinitro isómeros. A partir de la reducción catalítica de estos derivados se obtienen las correspondientes Aminas, que son tratadas con Fosgeno para obtener TDI. Durante el proceso, la temperatura se incrementa desde la temperatura ambiente del primer reactor, hasta 200 °C aproximadamente en el último reactor. Se separa la mezcla de isómeros del solvente mediante una destilación. Los residuos de la destilación se pueden hidrolizar para recuperar las diaminas o pueden ser incinerados<sup>(6, 12)</sup>.

#### 4.24.2.1.1 Fosgenación de Aminas Libres

La reacción de Fosgeno con Aminas libres es el método de producción de Toluen Diisocianato más importante. La Amina, se disuelve en un solvente orgánico inerte y se adiciona de forma continua a un exceso de Fosgeno disuelto en el mismo solvente a temperatura baja: el producto conformado por cloruros de carbamoilo e hidroccloruros de Aminas se calienta a una temperatura elevada con exceso de Fosgeno hasta que se obtiene una solución clara. El exceso de Fosgeno (50-200%) es necesario para evitar reacciones paralelas. La reacción entre los isocianatos y las Aminas sin reaccionar, permite la formación de ureas di-sustituidas como subproductos.

Los solventes utilizados en este proceso incluyen el Tolueno, xileno, decalin (decahidronaftaleno), Cloro Benceno y o-dicloro Benceno. Se prefiere el uso de los dos últimos debido a su alta polaridad que ayuda a la disolución de los hidroccloruros de Amina.

Mediante la utilización de un exceso de Fosgeno, se conduce la fosgenación por lotes en Cloro Benceno u o-dicloro Benceno. La mezcla de la solución de Aminas y el Fosgeno se lleva a cabo a temperatura ambiente. Esta mezcla se calienta hasta obtener la solución deseada. El exceso de Fosgeno y Cloruro de hidrógeno se remueve con un flujo de Nitrógeno, y los gases se recogen por condensación fraccionada o mediante un lavado con un solvente frío. El solvente se retira por destilación y el isocianato puro se obtiene por cristalización, destilación fraccionada o sublimación.

Los procesos continuos se llevan a cabo de forma similar. Aquí, es necesario emplear temperaturas y presiones más elevadas para obtener velocidades de reacción mayores. La reacción exotérmica entre la solución de Aminas y el Fosgeno o la solución de Fosgeno en el mismo solvente también se lleva a cabo a temperatura ambiente. Esta mezcla se bombea a un reactor o una serie de reactores, donde se completa la reacción a una temperatura más elevada. El primer reactor normalmente está a una temperatura de 65 – 80 °C para disociar el Cloruro de carbamoilo, el siguiente reactor está a una temperatura de 160 – 180 °C para completar la reacción. El Cloruro de hidrógeno y el exceso de Fosgeno se liberan a la temperatura más alta para evitar la recombinación del Cloruro de hidrógeno y el isocianato. Se recupera el Cloruro de hidrógeno y el Fosgeno. El gas de desecho, que contiene algo de Fosgeno se hidroliza con agua; se usa carbón activado para adsorber las trazas de solvente orgánico. Los isocianatos se purifican con destilación fraccionada al vacío y los solventes se reutilizan.

#### 4.24.2.1.2 Procesos sin Fosgeno

Se han hecho diversos intentos para desarrollar métodos que no requieran el uso de Fosgeno para la producción de isocianatos, debido a la alta volatilidad y toxicidad de dicho compuesto. Las rutas de producción desarrolladas para los TDIs no han sido adoptadas comercialmente. Se han examinado procesos basados en la reacción de monóxido de Carbono con nitro compuestos aromáticos. La conversión directa de dinitrotolueno a TDI ha arrojado buenos resultados, pero el desarrollo de este proceso no se continuó debido a las condiciones de reacción necesarias y las dificultades presentadas en la recuperación de los catalizadores homogéneos de metales nobles debido a que son muy costosos.

#### 4.24.2.2 APLICACIONES Y USOS

De forma general, los principales usos de los Toluen Diisocianatos incluyen la producción de espumas de poliuretano,



recubrimientos para pisos y terminaciones de madera, pinturas, sellantes, barnices, esmaltes para cables, adhesivos, elastómeros y recubrimientos y como agente en el procesamiento del nylon <sup>(1,5)</sup>.

Los Toluen Diisocianatos son reactivos intermedios usados en combinación con poliéteres y polioles de poliéster en la producción de derivados del poliuretano. El uso primario del Toluen Diisocianato es en la industria productora de espuma de poliuretano flexible, en donde cuenta por aproximadamente el 90% de las existencias de TDI. Para estas aplicaciones normalmente se usan las mezclas de TDI comerciales de relación 80:20 entre los isómeros a un promedio de 30% en peso con respecto a la formulación de la espuma.

El segundo mayor mercado de Toluen Diisocianato se encuentra en la producción de recubrimientos de poliuretano usados en pisos, automóviles y sobre metal. También se usan los Toluen Diisocianatos en la producción de sistemas de moldeado de elastómeros de poliuretano, adhesivos, sellantes, y otros usos limitados. <sup>(6)</sup>

#### 4.24.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### Frases de Riesgo

##### **2,6 Toluen Diisocianato** <sup>(7)</sup>

**R26:** Muy tóxico por inhalación

**R36/37/38:** Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias

**R40:** Posibles efectos cancerígenos

**R42/43:** Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel

**R52/53:** Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático

##### **2,4 Toluen Diisocianato** <sup>(8)</sup>

**R23:** Tóxico por inhalación

**R36/37/38:** Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias

**R42:** Posibilidad de sensibilización por inhalación

La exposición a TDI en seres humanos y otros organismos en el medio ambiente se presenta únicamente en las vecindades inmediatas de efluentes, fábricas y áreas de derrames. Se puede estar expuesto a los TDI en caso de que se abuse de los productos para el hogar disponibles en el mercado, como espumas de poliuretano. También se puede estar expuesto durante la aplicación de barnices de poliuretano. Se ha sugerido que los Toluen Diisocianatos pueden ser agentes de polución en ambientes cerrados. <sup>(6)</sup>

Los isocianatos en general están clasificados como sustancias peligrosas. Usualmente se etiquetan como tóxicas y deben ser manipuladas con extremo cuidado. Los isocianatos más volátiles, incluyendo el TDI, son lacrimógenos fuertes, generalmente causan irritación al contacto con la piel y ojos, pero su principal efecto fisiológico constituye la irritación del sistema respiratorio debido a que los pulmones absorben el Toluen Diisocianato de forma muy rápida. Puede generar bronquitis asmática aguda; además produce euforia, ataxia, aberraciones mentales, vómito, dolor abdominal, bronquitis y enfisema.

Una exposición prolongada puede causar enfermedades crónicas de los pulmones. La absorción a través de la piel es mínima, pero el contacto con la piel puede producir reacción alérgica. No se ha registrado información pertinente a la ingestión de Toluen Diisocianato. Esta es una sustancia muy corrosiva para los ojos y causa irritación severa en los tejidos, especialmente las membranas mucosas. No se conoce con seguridad el mecanismo mediante el cual el TDI provoca síntomas de toxicidad, pero se sabe que este compuesto es altamente reactivo y puede inactivar las biomoléculas de los tejidos mediante enlaces covalentes blindados <sup>(1,5,12)</sup>.

No se ha encontrado evidencia que pueda decir que los efectos en los niños sean diferentes que los presentados por los adultos. Los individuos con problemas en el sistema respiratorio pueden ser mucho más susceptibles a los efectos producidos por el TDI <sup>(5)</sup>.

Las personas que se exponen solo a vapores de TDI no se encuentran en riesgos de contaminación secundaria; aquellas cuya ropa o piel se encuentra contaminada con Toluen Diisocianato líquido, pueden contaminar a otras personas debido a contacto directo con ellas o por los vapores liberados.

#### 4.24.3.1 INHALACIÓN

La inhalación representa la principal ruta de exposición del TDI. El vapor del Toluen Diisocianato se absorbe rápidamente por los pulmones y es irritante para el tracto respiratorio y los pulmones, inclusive a bajas concentraciones. El olor es percibido a concentraciones de 2.1 ppm, que es 100 veces mayor que el límite de exposición permitido por la OSHA y por tal razón ésta característica no es una forma adecuada de prevención contra riesgos en su manipulación. El vapor del TDI es más pesado que el aire y puede causar asfixia en lugares cerrados y con poca ventilación. Los signos y síntomas de la exposición aguda no son específicos e incluyen: irritación de la nariz y la garganta, dificultad respiratoria, ahogamiento, tos, estrés gastrointestinal, náusea, vómito y dolor abdominal <sup>(5,6)</sup>.

Los niños expuestos a los mismos niveles de vapor de TDI que los adultos pueden absorber una dosis mayor debido a que tienen mayor relación de área superficial pulmonar con respecto a su área corporal. Además pueden estar expuestos a mayores niveles respecto a los adultos en el mismo lugar, debido a que su estatura es menor. Los niños no siempre responden a la exposición a sustancias químicas de la misma forma que los adultos, es por eso que puede ser necesario el uso de protocolos diferentes en caso de su tratamiento <sup>(5)</sup>.

Las primeras manifestaciones de los síntomas pueden tardar de 4 a 8 horas. Se han hecho investigaciones acerca del umbral de tolerancia del olor, estos resultados han sido diversos, debido probablemente a las diferencias en las concentraciones y los protocolos. Se ha reportado la siguiente información: olor ligero = 0,92 mg/m<sup>3</sup> (0,13 ppm); olor sin irritación = 4,28 mg/m<sup>3</sup> (0,60 ppm); quemaduras en ojos y nariz = 13,57 mg/m<sup>3</sup> (1,9 ppm); irritación severa de los ojos y el tracto respiratorio = 27,8 mg/m<sup>3</sup> (3,9 ppm) <sup>(5,6)</sup>.

#### 4.24.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS

El contacto directo de Toluen Diisocianato líquido con los ojos puede causar irritación caracterizada por comezón y lacrimación, inflamación de la membrana ocular y de la córnea, oscurecimiento de la superficie del ojo y glaucoma secundario <sup>(5,6)</sup>.

El TDI no se absorbe sobre la piel de forma rápida, sus efectos principales son locales y puede causar irritaciones severas en casos agudos. La exposición a concentraciones relativamente altas de vapor produce inflamación de las membranas mucosas. El contacto con el líquido puede causar quemaduras de segundo y tercer grado gracias a la alta reactividad y la evolución de calor que se presenta al contacto con humedad externa del organismo. Se ha reportado el desarrollo de urticaria, dermatitis, y dermatitis alérgica de contacto en trabajadores expuestos a resinas fotopolimerizadas a base de Toluen Diisocianatos <sup>(5,6)</sup>.

Estudios de exposición en seres humanos muestran que a concentraciones de 0,35–0,92 mg/m<sup>3</sup> se presenta irritación tanto en los ojos como en la nariz, mientras que la irritación en la piel ocurre generalmente a niveles más altos <sup>(6)</sup>.

#### 4.24.3.3 INGESTIÓN

No existe información respecto a los efectos producidos por la ingestión de Toluen Diisocianato. Sin embargo, debido a que es una sustancia muy irritante, su ingestión probablemente producirá quemaduras en los labios, la boca, garganta, esófago y estómago. No se tiene información acerca de si la ingestión genera toxicidad sistemática <sup>(5)</sup>.

#### 4.24.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

Los trabajadores que inhalan Toluen Diisocianato en concentraciones bajas de forma crónica pueden presentar síntomas respiratorios y desarrollar asma de un momento a otro; además, pueden desarrollar respuesta bronquial y sensibilidad a la sustancia. La sensibilización ocurre después de una exposición a niveles mayores de 0.02 ppm o después de exposición aguda de la piel. Las personas sensibilizadas corren el riesgo de desarrollar asma



crónica que puede ser acelerada por la exposición a otros químicos. El TDI también puede causar un deterioro en el funcionamiento de los pulmones en las personas que no están sensibilizadas al químico. Los síntomas respiratorios asociados al estrechamiento de los bronquios pueden persistir por años.

Después de una exposición de alto nivel, se han reportado efectos neurológicos que han persistido por años; los efectos reportados incluyen dificultad para concentrarse, mala memoria y embotamiento con dolor de cabeza. No se sabe si estas complicaciones son resultado de los efectos neurotóxicos del Toluen Diisocianato o de la carencia de Oxígeno en la sangre.<sup>(5)</sup>

#### **4.24.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

##### **4.24.3.5.1 Cardiovasculares**

No se encontraron estudios referidos a los efectos cardiovasculares de la exposición, ingestión o contacto con Toluen Diisocianato.

##### **4.24.3.5.2 Hematológicos**

No se encontraron estudios referidos a los efectos hematológicos de la exposición, ingestión o contacto con Toluen Diisocianato.

##### **4.24.3.5.3 Musculares**

No se encontraron estudios referidos a los efectos musculares de la exposición, ingestión o contacto con Toluen Diisocianato.

##### **4.24.3.5.4 Hepáticos**

No se encontraron estudios referidos a los efectos hepáticos de la exposición, ingestión o contacto con Toluen Diisocianato.

##### **4.24.3.5.5 Renales**

No se encontraron estudios referidos a los efectos renales de la exposición, ingestión o contacto con Toluen Diisocianato.

##### **4.24.3.5.6 Endocrinos**

No se encontraron estudios referidos a los efectos endocrinos de la exposición, ingestión o contacto con Toluen Diisocianato.

##### **4.24.3.5.7 Inmunológicos**

Estudios realizados en humanos indican que una exposición a bajas concentraciones de TDI (alrededor de 0.14 mg/m<sup>3</sup>) provoca hipersensibilidad (alergia) en un porcentaje variable y desconocido en las personas expuestas. El tiempo de exposición necesario para provocar dicha hipersensibilidad también es altamente variable, algunas veces ocurre de forma inmediata o puede requerir meses e inclusive años de exposición<sup>(6)</sup>.

##### **4.24.3.5.8 Neurológicos**

Se ha asociado la exposición aguda a altos niveles de humo que contiene vapor de Toluen Diisocianato con dolor de cabeza, insomnio, embotamiento, aberraciones mentales, desequilibrio al caminar, pérdida del conocimiento y coma<sup>(5)</sup>.

#### **4.24.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA<sup>(6)</sup>**

CL<sub>50</sub> (Inhalación, ratas): 56,96 mg/m<sup>3</sup>/1 hora;

Cl<sub>50</sub> (Inhalación, conejos): 78,32 mg/m<sup>3</sup>/4 horas

DL<sub>50</sub> (Ingestión, ratas): 3060 mg/kg

La IARC (Agencia Internacional de Investigación del Cáncer) determinó que el Toluen Diisocianato es posiblemente cancerígeno en los humanos<sup>(5)</sup>.

No se han reportado estudios que determinen los efectos en el sistema reproductivo del Toluen Diisocianato en humanos o en animales. No se ha encontrado información de si el Toluen Diisocianato atraviesa la placenta o si se mezcla con la leche materna; no obstante el TDI está incluido en la lista de Tóxicos que afectan el Sistema Reproductivo y el Desarrollo. No se conocen efectos teratogénicos debidos a una exposición aguda <sup>(6)</sup>.

#### **4.24.5 RESPUESTA A ACCIDENTES**

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

##### **4.24.5.1 PRIMEROS AUXILIOS <sup>(2,11)</sup>**

En el evento de una emergencia, se deben suministrar los procedimientos de primeros auxilios y remitir a la víctima para asistencia médica.

###### **4.24.5.1.1 Exposición en Ojos <sup>(11)</sup>**

La persona afectada se debe retirar del peligro de forma segura y rápida. Si Toluen Diisocianato entra en contacto con los ojos, se deben lavar inmediatamente con grandes cantidades de agua durante por lo menos 15 minutos, levantando el párpado superior e inferior ocasionalmente para retirar sustancia que se pueda haber acumulado en estas superficies. Se debe recurrir a atención médica tan pronto como sea posible. Los lentes de contacto no se deben usar cuando se este trabajando con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento.

###### **4.24.5.1.2 Exposición en la Piel <sup>(2,11)</sup>**

La persona afectada se debe retirar del peligro de forma segura tanto para la víctima como para la persona que se encuentra prestando la asistencia. Si Toluen Diisocianato entra en contacto con la piel, se debe lavar la piel inmediatamente con agua y jabón. Si la ropa se moja con Toluen Diisocianato, ésta se debe remover inmediatamente y se debe lavar la piel que haya entrado en contacto con la sustancia usando agua y jabón.

###### **4.24.5.1.3 Inhalación <sup>(2)</sup>**

Las víctimas se deben mover hacia áreas donde puedan respirar aire fresco, lejos de lugares de riesgo. El personal de atención de primeros auxilios debe evitar verse involucrado en el contacto con la sustancia cuando se lleve a cabo el procedimiento de primeros auxilios. Si la víctima ha cesado de respirar se debe realizar el procedimiento de respiración artificial hasta que se recupere o hasta que llegue personal calificado de atención. En el caso de respiración dificultosa y si en las instalaciones existe equipo de respiración auxiliar con Oxígeno, este procedimiento se debe administrar hasta la llegada de personal de atención de emergencias calificado.

La persona afectada se debe mantener caliente y en reposo. La víctima debe recibir atención médica inmediata en casos de exposición aguda.

###### **4.24.5.1.4 Ingestión <sup>(2)</sup>**

Las víctimas deben ingerir agua o leche para diluir los contenidos estomacales; a los niños hasta de 1 año, 125 ml (media taza); a niños de 1 a 12 años, 200 ml (3/4 de taza); adultos, 250 ml (1 taza). El agua o la leche se debe suministrar únicamente si la víctima está conciente y alerta. También se puede administrar una suspensión de carbón activado. En niños, usar de 15 a 30 g, en adultos, de 50 a 100 g con 125 a 250 ml. Se debe provocar la excreción mediante la administración de catarsis salina o sorbitol a víctimas concientes y alerta. Los niños necesitan de 15 a 30 g de catarsis, para adultos se recomiendan dosis de 50 a 100 g. Recibir atención médica inmediata. <sup>(2)</sup>

###### **4.24.5.1.5 Rescate <sup>(11)</sup>**

Si un trabajador se encuentra incapacitado debido a la exposición, se debe retirar del lugar de exposición. Se deben poner en práctica los procedimientos de rescate de emergencia establecidos. Para mejor desempeño en



momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

#### 4.24.5.2 INCENDIOS <sup>(1)</sup>

El uso de agua en la superficie de la espuma puede provocar la formación de burbujas que extinguirán el fuego. Si el material se está incendiando, o está cerca de un incendio, no se debe extinguir el fuego a menos que se detenga el flujo de Toluen Diisocianato. Se debe utilizar agua esparcida en gotas pequeñas en cantidades suficientes. Corrientes de agua muy gruesas pueden ser ineficientes. Se debe mantener fresco cualquier contenedor de Toluen Diisocianato usando cantidades suficientes de agua. El agua se debe suministrar lo más alejado posible del lugar del incendio. Usar espuma alcohólica, Dióxido de Carbono o polvo químico seco. Para absorber el vapor, usar agua atomizada.

#### 4.24.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS <sup>(1, 11)</sup>

Si se derrama o libera accidentalmente Toluen Diisocianato, se deben realizar los siguientes procedimientos:

- Retirar cualquier posible fuente de ignición. No se debe fumar cerca de áreas de almacenamiento o derrames.
- Ventilación del área de fuga o derrame. No tocar el material derramado.
- Usar agua atomizada para reducir los vapores.
- Mantener la menor cantidad de personal alrededor del derrame. Además, se debe aislar el área del derrame y no permitir la entrada.
- Mantener el material alejado de cualquier fuente de agua o alcantarilla.
- Construir diques para contener cualquier flujo.
- Para pequeñas cantidades, absorber con toallas de papel y colocarlas en un contenedor apropiado. Luego evaporar en un lugar seguro, (por ejemplo como dentro de una campana de gases). Permitir que transcurra el tiempo suficiente para la total evaporación dentro de la campana. Se debe quemar el papel en un lugar apropiado alejado de materiales combustibles.
- Grandes cantidades de líquidos que contengan TDI se pueden absorber con arena seca, tierra o materiales similares no combustibles y colectados en un contenedor apropiado. No se debe permitir que el TDI entre en espacios confinados tales como cloacas debido a la posibilidad de una explosión.

Personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben retirar de las áreas de fugas hasta que la limpieza se haya completado.

#### 4.24.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; ACGIH):** 0,005 ppm; 0,036 mg/m<sup>3</sup> (1998) <sup>(7, 8)</sup>

**STEL (TWA; ACGIH):** 0,02 ppm; 0,14 mg/m<sup>3</sup> (1998) <sup>(11)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 0,02 ppm; 0,14 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(5, 9)</sup>

**PEL (TWA; OSHA para la industria de la construcción):** 0,02 ppm; 0,14 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no reportada) <sup>(5, 9)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 2,5 ppm (Fecha de estudio no reportada). <sup>(5)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

#### 4.24.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Se debe seleccionar la ropa de protección para químicos después de analizar los datos disponibles acerca del desempeño del material y evaluar la ropa bajo las condiciones de uso reales.

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropa de protección para químicos, guantes, caretas (mínimo de ocho pulgadas) y otros tipos de ropas protectoras necesarias para prevenir cualquier contacto con la piel con TDI.

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras en lugares en los cuales existe la posibilidad de que TDI entre en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que TDI entre en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

#### 4.24.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(11)</sup>

Se debe hacer énfasis en que el uso de respiradores es el último método preferido para controlar la exposición de un trabajador y normalmente no debería ser utilizado como única vía de prevención o minimización de la exposición durante una operación de rutina. Sin embargo, existen algunas excepciones donde los respiradores pueden usarse para controlar la exposición. Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia.

Además de la selección del respirador, debe ser instituido un programa completo de protección respiratoria, que debe incluir como mínimo, una evaluación del desempeño del trabajador al usar el respirador, el entrenamiento regular al personal, monitoreo periódico del ambiente, evaluación adecuada, mantenimiento, inspección y limpieza.

**Tabla 73. Protección respiratoria mínima para Toluendiisocianato en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 200 ppm (OSHA)
Concentración menor o igual a 0,05 ppm.	Cualquier respirador (puede requerir protección en los ojos) Cualquier aparato de respiración autocontenido.
Concentración menor o igual 0,125 ppm.	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en flujo continuo.
Concentración menor o igual a 1 ppm.	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa. Cualquier respirador con pieza facial completa.
Concentración menor o igual a 10 ppm.	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Situaciones planeadas o de emergencia, en las cuales la concentración sea mayor a 10 ppm o sea desconocida.	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva. Cualquier respirador con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva, en combinación con cualquier aparato de respiración autocontenido operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego.	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación.	Cualquier respirador de purificación de aire con pieza facial completa (máscara de gases) provista de protección contra vapores orgánicos. Cualquier aparato de respiración auto contenida para evacuación.

Tomada de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Toquen Diisocyanate" (11)

#### 4.24.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con TDI, el personal involucrado en su manipulación se debe entrenar en su manejo y almacenamiento; además deben estar entrenados en el uso del equipo de protección personal necesario en casos de emergencia, evacuación o de control de exposición.

#### 4.24.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

##### 2,6 Toluen Diisocianato <sup>(7)</sup>

**S1/2:** Consérvase bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S23:** No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación adecuada a especificar por el fabricante]

**S36/37:** Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta)

**S61:** Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad

##### 2,4 Toluen Diisocianato <sup>(8)</sup>

**S1/2:** Consérvase bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S23:** No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación adecuada a especificar por el fabricante]

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico

**S28:** En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con... (productos a especificar por el fabricante)

**S38:** En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta)

#### 4.24.8.2 ALMACENAMIENTO

La manipulación y transporte de los isocianatos orgánicos, debido a que son sustancias extremadamente reactivas y por lo tanto peligrosas, debe estar regulado en cualquier industria que involucre el uso de esta sustancia. Se debe prevenir la exposición a la humedad de la atmósfera debido principalmente a que la reacción de todos los isocianatos con agua produce Dióxido de Carbono, que genera un incremento en la presión en tanques cerrados.

Los isocianatos se transportan generalmente en carrotanques, en barcos usando tanques adecuados, contenedores y barriles. Grandes cantidades se almacenan en tanques de acero y cantidades menores en contenedores de plástico. Se procesan en equipos hechos de acero. Para un almacenamiento a largo plazo se recomienda el uso de acero inoxidable. Es esencial la inclusión de un manto de aire seco o un gas inerte en los tanques de almacenamiento para evitar la contaminación de la humedad de la atmósfera. <sup>(12)</sup>

Tanto el 2,6-TDI como el 2,4-TDI se deben transportar y almacenar de manera separada a cualquier alimento o elemento relacionado, y se deben mantener secos en un lugar adecuadamente ventilado, alejado de la luz y la humedad en contenedores bien cerrados. Se recomienda almacenar el TDI a una temperatura de 20-25°C. <sup>(7,8)</sup>

#### 4.24.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES <sup>(11)</sup>

Tabla 74. Usos, generación y control de emisiones de Toluendiisocianato

Uso / Generación	Control
Usado en la producción de recubrimientos y terminaciones de Diisocianato - polioliol, pinturas de poliuretano, e instalaciones térmicas y eléctricas.	Proceso contenido; extrema ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección personal.
Usado durante la fabricación de espumas de poliuretano flexibles, elastómeros, adhesivos y sellantes.	Proceso contenido; extrema ventilación local; ventilación general mecánica; equipo de protección personal.

#### 4.24.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

Los TDI son producidos en sistemas cerrados y las emisiones al ambiente son mínimas. Sin embargo, se pueden liberar a la atmósfera durante la remoción del Cloruro de hidrógeno y Fosgeno de la primera columna de fraccionamiento en las plantas de producción.

Se han monitoreado niveles de Toluen Diisocianato que oscilan entre 0,1 a 17,7 mg/m<sup>3</sup> en los gases de chimenea provenientes de diferentes plantas de procesamiento de espumas de poliuretano. Se estimó que, dentro de una

planta, se emite aproximadamente  $50 \pm 5$  g de Toluen Diisocianato por tonelada de TDI procesado durante la manufactura de bloques de espuma. <sup>(6)</sup>

Existen muy pocos estudios acerca del destino en general de los TDI en la literatura consultada hasta el momento. <sup>(6)</sup>

#### 4.24.10.1 AIRE

No se tiene información al respecto del camino seguido en el medio ambiente del TDI liberado en la atmósfera, pero se sabe que a diferencia de las reacciones en fase líquida, el vapor del Toluen Diisocianato y de agua no reaccionan <sup>(6)</sup>.

#### 4.24.10.2 AGUA

En la mayoría de situaciones industriales, los TDI son hidrolizados con agua para obtener ureas poliméricas y Dióxido de Carbono. Sin embargo, cuando los Toluen Diisocianatos entran en contacto con el agua sin agitación, como en un derrame, se forma una capa cristalina dura de ureas poliméricas, retrasando la degradación de los Toluen Diisocianatos, a menos que se rompa la capa mecánicamente. Los productos sólidos de la reacción son insolubles y biológicamente inertes <sup>(6)</sup>.

#### 4.24.10.3 SUELO

Estudios simulados muestran que el Toluen Diisocianato liberado al ambiente tiende a combinarse con el agua. Sin embargo, en las predicciones hechas no se tomó en consideración la reactividad de los compuestos <sup>(6)</sup>.

#### 4.24.11 ECOTOXICIDAD <sup>(6)</sup>

A pesar de ser prácticamente insoluble en agua, el TDI en dispersión puede formar pequeñas gotas y causar toxicidad en sistemas acuáticos.

##### Especies acuáticas:

*Pimephales promelas* CL<sub>50</sub> 24 horas: 194 mg/l; CL<sub>50</sub> 96 horas 164,5 mg/l

*Palaemonetes pugio*: CL<sub>50</sub> 96 horas: 505.3 mg/l;

*Nitocra spinipes* Boeck CL<sub>50</sub> 96 horas: 11.8 mg/l

##### Especies Avícolas:

*Agelaius phoeniceus*: DL<sub>50</sub>: 100 mg/kg

*Sturnus vulgaris*: DL<sub>50</sub>: 100 mg/kg

#### 4.24.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

Para el tratamiento de contaminación debida a un derrame de isocianatos o la disposición de desechos que contengan estas sustancias, se recomienda el uso de una solución acuosa de amoníaco (3-8% de solución de amoníaco en 90-95% de agua con 0.2-5% de detergente líquido) o una solución acuosa de carbonato de sodio (5-10% de carbonato de sodio en 90-95% de agua y 0,2-5% de detergente líquido). Se puede preferir el uso de una solución alcohólica (50% de etanol, alcohol isopropílico o butanol; 45% de agua; y 5% de amoníaco concentrado), debido a la baja miscibilidad de los isocianatos en agua. <sup>(12)</sup>



#### 4.24.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Environmental Protection Agency (EPA). *Alphabetical Order List of Extremely Hazardous Substances, Toluen 2,4 Diisocyanate*. [on line]. Octubre de 1985 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://yosemite.epa.gov/oswer/CeppoEHS.nsf/Profiles/584-84-9?OpenDocument>
2. Environmental Protection Agency (EPA). *Alphabetical Order List of Extremely Hazardous Substances, Toluen 2,4 Diisocyanate*. [on line]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Julio de 2003 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://yosemite.epa.gov/oswer/CeppoEHS.nsf/firstaid/584-84-9?OpenDocument>

3. Environmental Protection Agency (EPA). *Alphabetical Order List of Extremely Hazardous Substances, Toluen 2,6 Diisocyanate*. [on line]. Octubre de 1985 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://yosemite.epa.gov/oswer/CeppoEHS.nsf/Profiles/91-08-7?OpenDocument>
4. United States Environmental Protection Agency (EPA). *List of IRIS Substances, 2,4-/2,6-Toluen Diisocyanate Mixture* [en línea]. Septiembre de 1995 [citado julio 4 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0503.htm>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; *Managing Hazardous Material Incidents, Toluen Diisocyanate* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado junio de 2003 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg179.pdf>
6. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Environmental Health Criteria 75, Toluen Diisocyanate* [en línea]. 1987 [citado abril 4 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc75.htm>
7. Organización Mundial de la Salud (OMS). *International Chemical Safety Cards, Toluen 2,6 Diisocyanate* [en línea]. Noviembre de 1998 [citado abril 4 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc13/icsc1301.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc13/icsc1301.htm)
8. Organización Mundial de la Salud (OMS). *International Chemical Safety Cards, 2,4 Toluen Diisocyanate* [en línea]. Marzo de 1995 [citado abril 4 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc03/icsc0339.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc03/icsc0339.htm)
9. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Chemical Sampling Information, Safety and Health Topics: Toluen 2,4 Diisocyanate (TDI)* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado Febrero de 2003 [citado abril 4 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_272400.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_272400.html)
10. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Chemical Sampling Information, Safety and Health Topics: Toluen 2,6 Diisocyanate* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado Febrero de 2003 [citado abril 4 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_272405.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_272405.html)
11. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Occupational Health Guideline for Toluen Diisocyanate* [en línea]. 1988 [citado abril 4 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0621.pdf>
12. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; *Ullman 's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 14; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.*

Diisocianato

4.25

Tolueno

- 4.25.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.25.1.1 SINONIMOS
  - 4.25.1.2 DESCRIPCION
  - 4.25.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.25.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.25.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.25.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.25.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.25.2.1 PRODUCCION
  - 4.25.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.25.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.25.3.1 INHALACION
  - 4.25.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.25.3.3 INGESTION
  - 4.25.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.25.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.25.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
  - 4.25.4.1 CANCER
  - 4.25.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS Y DEL DESARROLLO
- 4.25.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.25.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.25.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.25.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.25.5.1.3 Inhalación
    - 4.25.5.1.4 Ingestión
    - 4.25.5.1.5 Rescate
  - 4.25.5.2 INCENDIOS
  - 4.25.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.25.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

- 4.25.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.25.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
  
- 4.25.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.25.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.25.8.2 ALMACENAMIENTO
  
- 4.25.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.25.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.25.10.1 AIRE
  - 4.25.10.2 AGUA
  - 4.25.10.3 SUELO
  
- 4.25.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.25.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION
  
- 4.25.13 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.25.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(2, 8, 9)</sup>

**Fórmula Molecular:** C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub> – C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>

**Fórmula Estructural:**



**CAS:** 108-88-3

**Número UN:** 1294

**Clase de Riesgo Principal UN:** 3

##### 4.25.1.1 SINÓNIMOS

El Tolueno es el nombre común para el Metilbenceno. Se conoce como Metilbenzol o Fenilmetano; en la industria se conoce comúnmente como Toluol o Metil Benceno <sup>(2, 7, 8, 9)</sup>.

##### 4.25.1.2 DESCRIPCIÓN

A temperatura y presión ambiente el Tolueno es un líquido transparente, volátil e inflamable que forma mezclas explosivas con el aire. Es un hidrocarburo de la serie aromática. Posee olor dulce e irritante característico en compuestos con anillos bencénicos. Está presente en el petróleo crudo, que es por mucho la fuente principal de donde se obtiene; también se genera en el proceso de manufactura del coque a partir de carbón formando parte del alquitrán y como producto del metabolismo del árbol de Tolú donde se encuentra formando resinas <sup>(1, 4, 5, 7, 8)</sup>.

El Tolueno está clasificado como un compuesto orgánico volátil (VOC). Los vapores de esta sustancia son peligrosos para la salud humana; además sus propiedades de inflamabilidad a temperaturas mayores de 5 °C representan un alto peligro para la generación de fuego en condiciones atmosféricas de presión y temperatura <sup>(2, 7)</sup>.

El Tolueno es un solvente de muchos productos aromáticos, pero es muy poco soluble en agua, de donde se separa y asciende gracias a su menor densidad. Es soluble en alcohol, Benceno y Eter <sup>(7, 12)</sup>.

Es un químico muy usado en la fabricación de una gran diversidad de productos como el Trinitrotolueno, el Acido Benzoico, colorantes y muchos otros. Los mayores usuarios de Tolueno en el mundo son compañías que se dedican a la preparación de Benceno, que es su producto principal <sup>(1)</sup>.

##### 4.25.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES <sup>(13)</sup>

Componente	Contenido	Peligro
Tolueno	100%	Si

##### 4.25.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(1, 2, 6, 8, 12)</sup>

Tabla 75. Propiedades físicas del Tolueno

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	92,13
Estado Físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	110,6
Punto de Fusión (°C)	-95
Presión de Vapor (mmHg)	22; 20 °C
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	2'24

**Tabla 75. Propiedades físicas del Tolueno (continuación)**

PROPIEDAD	VALOR
Gravedad Específica (Agua = 1)	0,87
Densidad del Vapor (Aire = 1)	3,14
pH	No Reportado
Solubilidad en Agua	0,07%; 23 °C
Kow	2,69
Koc	176
Límites de Inflamabilidad (% vol)	1,2% - 7,1%
Temperatura de Auto Ignición (°C)	480
Punto de Inflamación (°C)	4,4 copa cerrada

#### 4.25.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Tolueno no reacciona con Acidos o bases diluidos. No es una sustancia corrosiva. En la atmósfera reacciona rápidamente con radicales Hidroxilo y forma una gran variedad de productos de oxidación <sup>(8)</sup>.

##### 4.25.1.5.1 Incompatibilidades

Reacciona vigorosamente con agentes oxidantes fuertes y puede generar calor o hacer ignición y explotar. Los contenedores de Tolueno pueden explotar por causa de un aumento no controlado en la temperatura de almacenamiento. Cuando el Tolueno se ve envuelto en fuego o existe Tolueno en combustión se pueden generar gases y vapores tóxicos como monóxido o Dióxido de Carbono. Debido a sus buenas propiedades como solvente, puede atacar algunos tipos de plástico, caucho y la mayoría de recubrimientos <sup>(2, 12)</sup>.

#### 4.25.2 PRODUCCIÓN APLICACIONES Y USOS

##### 4.25.2.1 PRODUCCIÓN

El Tolueno es un químico intermedio de gran importancia comercial en la generación de un sinnúmero de productos y que se maneja en cantidades muy altas en el mundo; se comercializa tanto en forma purificada como incluido en mezclas con otras sustancias derivadas del petróleo. Hasta la segunda guerra mundial la fuente principal de obtención de Tolueno era el carbón, del que se obtenía como subproducto por el proceso de coquización en los alquitranes. A partir de entonces la fuente preferida de obtención corresponde al petróleo, de donde se obtiene cerca del 96% del volumen total que se maneja en el mundo <sup>(2, 8)</sup>.

La obtención de Tolueno a partir del petróleo se da de forma principal (alrededor de un 87%) por reformado catalítico de fracciones del crudo que contienen Metilciclohexano y en forma secundaria (9%) por separación en el proceso de pirólisis de gasolina en equipos de craqueo con vapor durante la manufactura de etileno y propileno. Otras fuentes menores (4%) de obtención de Tolueno corresponden por ejemplo a la producción de estireno, donde se genera como subproducto <sup>(5, 8)</sup>.

El alto contenido de impurezas que normalmente se obtienen junto con el Tolueno en los diversos procesos de producción hacen necesaria una serie de etapas de purificación que pueden incluir destilación azeotrópica con hidrocarburos parafínicos, nafténicos o alcoholes. El Benceno es una de las principales impurezas que se hallan junto con el Tolueno en los diferentes procesos de obtención; el Tolueno altamente purificado contiene menos del 0,01% de Benceno, mientras que los grados industrial y 90/120 pueden contener hasta 25% <sup>(8)</sup>.

##### 4.25.2.2 APLICACIONES Y USOS

Uno de los usos más importantes del Tolueno es la producción de Benceno de diversos grados para una amplia gama

de aplicaciones. Es un excelente solvente para lacas, barnices, pinturas y adhesivos, teniendo en esta aplicación un mejor desempeño que otros solventes aromáticos como el Benceno o el Xileno <sup>(2,6)</sup>.

El Tolueno que se produce en forma de mezclas se usa como aditivo de gasolinas para mejorar su desempeño aumentando el octanaje; su forma pura se usa en la síntesis de otros químicos, como solvente y como aditivo en productos cosméticos. Los principales derivados en la síntesis química a partir del Tolueno incluyen el toluen Diisocianato, el Acido benzóico, el Benzaldehído, el Xileno, Cloruro de Toluensulfonilo, nylon, intermediarios de pigmentos, germicidas y otros <sup>(6,8)</sup>.

Otros usos varios lo incluyen en la manufactura de Trinitrotolueno (TNT), en fármacos, perfumería, como agente de separación en procesos de extracción con solventes y como aditivo en productos anticongelantes <sup>(2,7)</sup>.

#### 4.25.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### Frases de Riesgo

**R45:** Puede causar cáncer

**R22:** Nocivo por ingestión

**R11:** Fácilmente inflamable

**R20:** Nocivo por inhalación

**R51/53:** Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático

Las personas pueden estar expuestas a Tolueno en ambientes laborales o en el medio ambiente luego de derrames o emisiones en el aire, el agua, el suelo o en aguas subterráneas. La exposición al Tolueno se genera a partir de diversas fuentes dentro de las que se anotan el agua de consumo, la comida, el aire y productos como esmaltes para uñas, soluciones de caucho, pinturas, pegantes y otras aplicaciones donde se usa como solvente. La respiración de gases producto de la combustión incompleta en motores de vehículos a gasolina también constituye una fuente de exposición al Tolueno en el aire. Las personas con mayores riesgos de exposición a esta sustancia son aquellas que trabajan con gasolina, keroseno, aceites minerales y lacas. El humo del cigarrillo es una fuente de Tolueno que puede tener efectos crónicos sobre fumadores y sobre las personas cercanas a ellos que lo respiran involuntariamente; personas que fuman un paquete de cigarrillos al día consumen en total alrededor de 1mg de Tolueno adicional al de cualquier otra exposición <sup>(1,5)</sup>.

El Tolueno puede ingresar al cuerpo humano cuando se respiran sus vapores o cuando se ingieren alimentos o bebidas contaminados. Cuando se trabaja con solventes que contienen Tolueno, esta sustancia puede pasar a través de la piel directamente a la corriente sanguínea; una vez en el cuerpo, el Tolueno sufre diferentes cambios específicos para cada persona de acuerdo con factores como edad, sexo, composición corporal y estados de salud. De forma general, cerca del 75% del Tolueno que ingresa al cuerpo luego de una exposición se devuelve al medio en el transcurso de 12 horas por vía urinaria o respiratoria; el Tolueno que permanece en el organismo se degrada en otros materiales, se metaboliza y se elimina de tal manera que el Tolueno no es una sustancia que se acumule en el organismo <sup>(1,5)</sup>.

La inhalación de grandes cantidades de Tolueno por periodos de tiempo cortos afecta de forma adversa el sistema nervioso, los riñones, el hígado y el corazón. Los efectos adversos que se presentan dependen del tiempo y cantidad o concentración en la exposición; éstos pueden incluir temblores musculares, hormigueo en los dedos, fuertes dolores de cabeza, convulsiones, somnolencia, ausencia de sensaciones, pérdida de la conciencia y muerte de la persona expuesta <sup>(1,2)</sup>.

El Tolueno es una sustancia de rápida absorción por vía pulmonar y gastrointestinal. La absorción por la piel es menor (1%) comparada con la absorción en pulmones para casos de presencia de vapores de Tolueno en el ambiente, no obstante, representa una vía de irritación local y de entrada directa a la sangre. De acuerdo a estudios de inhalación realizados sobre animales, se sabe que el Tolueno una



Tolueno

vez ingresa al organismo de un mamífero se dirige a la grasa corporal, huesos, nervios de la columna vertebral, médula espinal y cerebro; en menor grado se difunde hasta la sangre, el hígado y los riñones. El Tolueno en el cuerpo humano se transforma en alcohol benzílico resultado de la hidroxilación del grupo Metilo; oxidaciones posteriores lo conducen a Benzaldehído y Acido Benzoico que se combina con glicerina resultando en el Acido hipúrico o con el Acido glucorónico y formando glucoronil benzoilo. El 60% o 70% del Tolueno absorbido por el organismo se excreta por la orina en forma de Acido hipúrico; entre el 10% y el 30% del Tolueno absorbido se transforma y elimina por medio del glucoronil benzoilo; otra cantidad equivalente a la anterior de Tolueno se elimina sin alteraciones por la respiración <sup>(2, 6, 7, 8)</sup>.

#### 4.25.3.1 INHALACIÓN

La exposición a Tolueno por inhalación es la forma más común de exposición en la mayoría de los casos tanto en ambientes industriales como en domésticos ya que se usa de manera muy difundida como solvente en pinturas, lacas y pegantes de donde se evapora con rapidez; también existe algún grado de exposición en personas que respiran gases producto de la combustión de combustibles derivados del petróleo generados por motores vehiculares. Individuos que viven cerca a lugares de disposición de desechos están más expuestos al Tolueno y a otros químicos en el aire que aquellas personas en áreas limpias. Ya en el aire, el Tolueno se puede oler a partir de concentraciones alrededor de las 8 ppm, que es un valor muchas veces menor a los valores considerados como peligrosos por diferentes instituciones internacionales y por tal razón se considera que el olor es una buena forma de advertencia ante peligros respiratorios que se puedan presentar con esta sustancia. Los casos más graves de exposición aguda se generan por acción de accidentes industriales en lugares donde el Tolueno se manipula de alguna manera o en personas que aspiran pegantes que contienen Tolueno como solvente; en estos casos las concentraciones de Tolueno en el aire pueden llegar a alcanzar con facilidad valores de 20.000 o 30.000 mg/m<sup>3</sup> <sup>(4, 5, 6, 9)</sup>.

Los vapores del Tolueno son más pesados que el aire y tienden a permanecer en niveles cercanos al suelo; de esta manera, pueden causar asfixia en lugares cerrados, pobremente ventilados o en áreas bajas donde se puede acumular <sup>(7)</sup>.

Los efectos más importantes y peligrosos de exposición al Tolueno corresponden a efectos sistémicos más que a efectos de contacto directo en comparación con otras sustancias como Ácidos, bases o sustancias corrosivas, aunque si se presentan efectos irritantes de alguna importancia.

Los efectos principales tanto de manera aguda como crónica debidos a una exposición de Tolueno corresponden a desórdenes en el sistema nervioso central; dependiendo de la persona expuesta se puede presentar excitación, euforia, irritabilidad, cambios rápidos del estado de ánimo, convulsiones, coma o la muerte. Algunos efectos son reversibles como la fatiga, dolor de cabeza, pérdida de la habilidad manual y narcosis y por tanto desaparecen una vez se termina la exposición <sup>(6, 8)</sup>.

Los efectos adversos que se pueden presentar por causa de una exposición por inhalación a Tolueno dependen de diferentes factores en el momento del contacto, los principales son la concentración de Tolueno en el aire, el tiempo de exposición y la frecuencia respiratoria del individuo, todos ellos son igualmente importantes para definir la gravedad de las secuelas que se pueden generar.

Humanos expuestos a 200 ppm por 8 horas presentaron fatiga, debilidad, confusión, lacrimación e irritaciones musculares; a 600 ppm por 8 horas también se presentó euforia, dolor de cabeza, mareo, dilatación de pupilas y náusea; a 800 ppm por 8 horas los síntomas fueron más pronunciados y los efectos posteriores incluyeron fatiga muscular e insomnio por varios días <sup>(6)</sup>.

De forma aguda por exposiciones de 100 ppm seis horas al día por cuatro días se presentan efectos en el sistema nervioso central (dolor de cabeza, mareo, intoxicación) e irritación ocular. Exposición por 8 horas al día en los mismos cuatro días a la semana provoca los mismos efectos anteriores y otros más graves que incluyen euforia, pupilas

dilatadas, convulsiones y náusea. Se reporta que exposiciones a concentraciones de entre 10.000 y 30.000 ppm causan narcosis y muerte. La exposición aguda a Tolueno puede irritar las membranas mucosas del tracto respiratorio. Con exposiciones masivas pueden suceder acumulaciones de fluido en los pulmones y detención de la respiración<sup>(2,7)</sup>.

Exposición a niveles bajos o moderados puede causar cansancio, confusión, debilidad, acciones parecidas a personas embriagadas, náusea, pérdida del apetito y trastornos de la visión y la escucha. Estos síntomas desaparecen cuando cesa la exposición<sup>(4)</sup>.

Niños expuestos a iguales niveles de Tolueno que adultos pueden absorber una mayor dosis a causa de su mayor relación superficie pulmonar a peso corporal y mayor cantidad de volumen de aire respirado por unidad de tiempo. Además pueden estar expuestos a mayores concentraciones que los adultos en la misma ubicación a causa de su menor estatura y los mayores niveles de Tolueno encontrados a nivel del suelo<sup>(7)</sup>.

#### 4.25.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS

Luego de la inhalación, esta es la forma más común de exposición al Tolueno pues su uso como solvente hace necesaria su manipulación y muchas veces no existe ropa de protección adecuada como guantes, caretas y trajes impermeables. La absorción de Tolueno por la piel se puede presentar ya sea por el contacto con Tolueno en forma líquida o por el contacto con sus vapores. Por esta vía se absorbe de forma más lenta que en comparación con la inhalación o la ingestión y su valor puede estar en el intervalo de 14 a 23 mg/cm<sup>2</sup>/hora. El Tolueno que se absorbe por la piel se distribuye por todo el organismo igual que en el caso respiratorio y de la misma forma se puede eliminar por la orina o por su exhalación en la respiración<sup>(6,7)</sup>.

En los ojos el Tolueno puede ingresar por la presencia de vapores en el ambiente o por salpicaduras accidentales. El vapor de Tolueno es solo ligeramente irritante para las membranas mucosas; no obstante si está en forma líquida puede generar lesiones en la córnea. La irritación ocular por causa de vapores de Tolueno se inicia a partir de concentraciones cerca de 300 ppm. Las salpicaduras en los ojos causan por lo general dolor y sensación de ardor, conjuntivitis, espasmos en los párpados e inflamación de la córnea<sup>(7)</sup>.

Humanos expuestos a Tolueno entre 6 y 8 horas a concentraciones de 100 ppm desarrollan irritación ocular. No se reporta irritación ocular en exposiciones de 6 horas a concentraciones de 40 ppm<sup>(6)</sup>.

Trabajadores salpicados en los ojos con Tolueno de manera accidental sufrieron de daños pasajeros consistentes en irritación conjuntiva y daño en la córnea pero sin pérdida de la visión. Se observó recuperación completa al cabo de 48 horas<sup>(8)</sup>.

Los niños son más vulnerables a sustancias tóxicas que tienen entrada por la piel a causa de su mayor relación de área corporal a peso corporal<sup>(7)</sup>.

#### 4.25.3.3 INGESTIÓN

La exposición a Tolueno por ingestión en pequeñas cantidades resulta de beber agua contaminada o comer alimentos preparados con agua contaminada, también es posible la ingestión por la contaminación directa de los alimentos con Tolueno. No es común la ingestión de Tolueno líquido salvo en casos accidentales fortuitos<sup>(4)</sup>.

El Tolueno se puede detectar por el sentido del gusto a partir de concentraciones entre 0,04 y 1 ppm; cuando se ingiere, se absorbe completamente en el tracto gastrointestinal y comparte el mismo camino que aquel que entra por la inhalación o por la piel, eliminándose por la respiración y por la orina<sup>(5,6)</sup>.

De forma directa en el estómago luego de una ingestión aguda de Tolueno se presenta irritación estomacal, náusea, vómito y diarrea. Si el Tolueno se absorbe y distribuye por el



Tolueno

organismo se produce depresión severa del sistema nervioso central que puede generar la muerte por asfixia o falla cardíaca en el individuo expuesto <sup>(2, 6, 7)</sup>.

La dosis letal media (LD<sub>50</sub>) para ratas adultas oscila entre 5,5 y 7,4 g/kg de peso, pero la edad de los animales presenta un efecto fuerte en este valor resultando menor para ratas jóvenes; en los estudios reportados las ratas mueren por deficiencia respiratoria generada por fallas del sistema nervioso central <sup>(6)</sup>.

Los efectos de la ingestión de Tolueno se pueden reducir por la ingestión de etanol ya que esta sustancia inhibe la formación de metabolitos tóxicos para el organismo producto de la oxidación del Tolueno en el metabolismo <sup>(6)</sup>.

#### **4.25.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

La aspiración frecuente de vapores de Tolueno como las que se presentan cuando se huele pegante o pintura puede causar daños permanentes en el cerebro. Como resultado los seres humanos pueden desarrollar problemas con el lenguaje, la escucha y la visión. También se puede presentar pérdida del control muscular, pérdida de la memoria y disminución en habilidad mental <sup>(1)</sup>.

De forma crónica se presentan cambios degenerativos en la materia gris, se presentan cambios en las funciones cognitivas, neuro musculares, auditivas y fallas en la discriminación del color en la visión. Personas que huelen pegantes con Tolueno como solvente de forma crónica se encuentran dentro del grupo de más alto riesgo de mortalidad y por lo regular las muertes de estas personas causadas por el Tolueno se deben a arritmias cardíacas, depresión del sistema nervioso central, asfixia y fallos hepáticos o renales <sup>(6, 8)</sup>.

Exposiciones laborales repetidas en periodos de años a niveles de 750 mg/m<sup>3</sup> y 1500 mg/m<sup>3</sup> causa efectos neurológicos crónicos irreversibles como encefalopatía, atrofia óptica, desordenes del equilibrio. Mujeres expuestas de forma crónica a sustancias aromáticas como Tolueno o Benceno presentan trastornos del ciclo menstrual, mujeres que inhalan grandes cantidades de Tolueno durante el embarazo de forma repetida tienen riesgo de dar a luz bebés con defectos corporales o con retraso mental <sup>(4, 8)</sup>.

El contacto directo y prolongado con Tolueno en forma líquida o sus vapores genera irritación de la piel, la nariz y de los ojos; estos efectos no se presentan por lo regular en personas expuestas a niveles que se presentan de forma común en el medio ambiente <sup>(1)</sup>.

Además de los efectos producto del contacto mismo con el Tolueno, se sabe que por exposición prolongada o repetida a altas concentraciones provoca desordenes en el desarrollo de fetos en mujeres en embarazo <sup>(1)</sup>.

En humanos, el contacto dérmico con Tolueno de forma prolongada puede causar daños en la piel porque remueve los lípidos allí presentes causando resequedad, agrietamiento y dermatitis; a estos efectos puede seguir un rompimiento y caída de la piel expuesta. Los trabajadores y empleados que trabajan con las manos desnudas manipulando solventes en los que está presente el Tolueno desarrollan problemas cutáneos en las manos. El contacto repetido de la piel con Tolueno provoca disminución del grosor natural de la epidermis <sup>(2, 6, 7, 8)</sup>.

A concentraciones menores de 100 ppm de forma crónica, empleados y trabajadores que manejan pinturas y pegantes en solución con Tolueno presentan déficit en la percepción y distinción de colores <sup>(6)</sup>.

Dosis repetidas de Tolueno causan efectos adversos en el sistema nervioso central y además puede comprometer las funciones del hígado y de los riñones, causando por ejemplo crecimiento anormal del tamaño del hígado (hepatomegalia) <sup>(2, 6)</sup>.

#### 4.25.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

##### 4.25.3.5.1 Efectos Cardiovasculares

Los efectos cardiovasculares están presentes en individuos expuestos de manera muy aguda o muy crónica o ambas al Tolueno ya sea en fase líquida o en fase vapor. Dosis masivas de Tolueno tienen la posibilidad de provocar anomalías cardíacas; estas anomalías pueden consistir en arritmias cardíacas en donde aumenta o disminuye la frecuencia cardíaca. Se ha descrito ritmo cardíaco irregular que conlleva impedimentos cardíacos en personas que abusan de la aspiración de vapores de Tolueno en algunos casos causando su muerte; sin embargo no existen resultados concluyentes a este respecto producto del estudio de exposiciones agudas y crónicas en animales de laboratorio <sup>(6,7)</sup>.

Un caso de estudio al respecto de una exposición oral que se presenta por la EPA <sup>(6)</sup> describe los efectos de la ingestión de una cantidad de Tolueno equivalente a 625 mg/kg en donde se presentó muerte celular del músculo cardíaco resultado de la cual el individuo falleció. En otro individuo que ingirió accidentalmente 30 ml de solvente orgánico 50% de Tolueno se presentó disminución en la frecuencia cardíaca, este efecto fue acompañado de somnolencia, mareo y dolor gástrico.

##### 4.25.3.5.2 Efectos Hematológicos

Diversos estudios encontrados en la bibliografía citada muestran que este químico no es tóxico para la sangre o para la médula ósea. Se presenta como único efecto una baja leve en los leucocitos de la sangre pero no es posible asociar este resultado con algún tipo de efecto adverso <sup>(6,8)</sup>.

##### 4.25.3.5.3 Efectos Musculares

No se han reportado efectos adversos en músculos o huesos provocados por exposición de algún tipo al Tolueno.

##### 4.25.3.5.4 Efectos Hepáticos

El efecto principal de las exposiciones a Tolueno por cualquier vía consiste en el crecimiento anormal del tamaño del hígado (hepatomegalia). No se reportan cambios patológicos del hígado en los diferentes estudios consultados <sup>(6,7,8)</sup>.

##### 4.25.3.5.5 Efectos Renales

Los efectos generados a los riñones por causa de la exposición a Tolueno corresponden a dos circunstancias; la primera se presenta en casos de exposiciones aisladas por vía respiratoria pero con concentraciones tan altas como 2000 ppm; en este tipo de casos se genera disminución en el pH sanguíneo (acidosis), que implica la imposibilidad de los riñones para mantener el balance de iones hidrógeno ( $H^+$ ) e Hidroxilo ( $OH^-$ ) en la sangre, y en casos masivos puede haber paso de sangre y proteínas a la orina, estos efectos son reversibles y no existen secuelas posteriores al fin de la exposición; la otra circunstancia corresponde a la exposición aguda de forma repetitiva por largo tiempo en donde se genera acidosis e irritación renal permanentes; varios estudios realizados en ratas obtenidos en la bibliografía reportan además degeneraciones, necrosis y quistes en los tejidos renales producto de exposiciones prolongadas (1 - 24 meses) a concentraciones entre 600 y 5000 ppm. No se reporta la presencia de efectos adversos crónicos en concentraciones menores a 300 ppm para los mismos estudios citados <sup>(6,7)</sup>.

##### 4.25.3.5.6 Efectos Endocrinos

No se reportan efectos bien definidos en glándulas luego de exposiciones prolongadas o agudas a Tolueno en las diferentes referencias bibliográficas consultadas.

##### 4.25.3.5.7 Efectos Inmunológicos

No existen efectos reportados de efectos adversos al sistema inmunológico en seres humanos o en animales.



Tolueno

#### 4.25.3.5.8 Efectos Neurológicos

La disfunción del sistema nervioso central es un efecto crítico enseguida de exposición aguda, intermedia o crónica a Tolueno. La toxicidad en este sistema se puede deber a la solubilidad de las grasas de las membranas neuronales en Tolueno, lo que conlleva a una pérdida de materia cerebral asociada de forma crónica con disminución en las habilidades motrices, disminución de la capacidad visual, reducción en la capacidad auditiva y trastornos del lenguaje.

Los síntomas en el sistema nervioso central son aparentemente inmediatos luego de la inhalación de altas concentraciones de esta sustancia y se retrasan alrededor de 30 ó 60 minutos luego de una ingestión. Efectos leves, a concentraciones del orden de hasta 200 ppm incluyen dolor de cabeza, euforia, mareo, debilidad muscular, náusea y visión borrosa. Efectos más severos, en concentraciones mayores de 1000 ppm son causantes de narcosis, coma y la muerte <sup>(2, 6, 7, 8)</sup>.

### 4.25.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA <sup>(13)</sup>

DL<sub>50</sub> (oral, ratas): 636 mg/kg

CL<sub>50</sub> (inhalación, ratas): 49 mg/m<sup>3</sup>/4 horas

#### 4.25.4.1 Cáncer

La IARC (Agencia Internacional para la Investigación Sobre el Cáncer) no incluye el Tolueno dentro de las sustancias con algún tipo de riesgo en la generación de cáncer <sup>(7)</sup>.

#### 4.25.4.2 Efectos Reproductivos

No existe evidencia concluyente que el Tolueno cause efectos reproductivos o de desarrollo fetal en seres humanos expuestos de forma aguda o repetida en situaciones aisladas, pero sí existen reportes de malformaciones fetales y de crecimiento en niños de madres inhaladoras de Tolueno de forma crónica por largos años <sup>(6)</sup>.

### 4.25.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

#### 4.25.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

En caso que se presenten emergencias graves en el manejo de Tolueno, la persona afectada debe recibir primeros auxilios de forma inmediata y se debe remitir a un centro asistencial para revisión médica.

##### 4.25.5.1.1 Exposición en Ojos

La persona se debe retirar del peligro lo más rápidamente posible. Los ojos se deben lavar inmediatamente con abundante agua durante algunos minutos levantando ocasionalmente los párpados superior e inferior. Nunca se deben portar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento. La víctima debe recibir atención médica si se presenta irritación en los ojos luego del contacto <sup>(9, 12)</sup>.

##### 4.25.5.1.2 Exposición en la Piel

La ropa contaminada se debe remover tan pronto como sea posible. Las partes expuestas de la piel se deben lavar con abundante agua y jabón. Si luego del lavado se encuentra algún tipo de irritación, la víctima debe recibir atención médica <sup>(9, 12)</sup>.

##### 4.25.5.1.3 Inhalación

La víctima se debe ubicar rápidamente en lugares donde se tenga acceso al aire fresco. Si la víctima no está respirando o está respirando con mucho esfuerzo y en el lugar de la emergencia existen medios para la administración de

Oxígeno de un respirador, este procedimiento se debe realizar hasta la llegada del personal de atención especializado. Si la víctima ha cesado de respirar se debe administrar respiración artificial. La víctima debe recibir atención médica <sup>(9, 12)</sup>.

#### 4.25.5.1.4 Ingestión

No se debe inducir el vómito a las víctimas que han ingerido esta sustancia. La boca se debe lavar con abundante agua. Luego de la ingestión, la víctima se debe remitir siempre a un centro asistencial para que reciba ayuda médica lo más pronto posible <sup>(9, 12)</sup>.

#### 4.25.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor el desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

Para situaciones de emergencia, se deben usar máscaras antigas de presión positiva o de demanda de presión y que posean cubrimiento completo de la cara. Se debe usar también un traje totalmente hermético <sup>(12)</sup>.

#### 4.25.5.2 INCENDIOS

La volatilidad del Tolueno, unida con la concentración relativamente baja en el aire (1,2% en volumen, límite de inflamabilidad inferior) necesaria para que esta sustancia de lugar a fuego hace que exista alto peligro de generación de incendios y explosiones cuando se realiza su manipulación en ambientes no controlados. Las áreas de almacenamiento de Tolueno deben ser sujetas a revisiones constantes y estrictas medidas de prevención tendientes a la búsqueda y eliminación de posibles fuentes de ignición como cortos circuitos ya que los vapores de este químico pueden hacer ignición y regresar el fuego hasta los contenedores de almacenamiento pudiendo provocar explosiones <sup>(2)</sup>.

Los incendios que impliquen fuego con esta sustancia se deben atacar con polvo químico seco, espuma o Dióxido de Carbono, nunca con agua pues esta sustancia flota sobre el agua debido a su menor densidad e inmiscibilidad. Cuando exista fuego cerca de tanques de almacenamiento de Tolueno, éstos se deben mantener frescos por medio de la aplicación de rocío de agua desde una manguera en un lugar seguro <sup>(9)</sup>.

#### 4.25.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS <sup>(9, 12)</sup>

Cuando se presenten fugas o derrames de Tolueno, se deben llevar a cabo las siguientes recomendaciones:

- Se deben retirar todas las posibles fuentes de ignición de la zona de peligro
- Se debe ventilar exhaustivamente la zona de derrame
- Cantidades derramadas pequeñas se pueden absorber con toallas de papel. Las toallas de papel se pueden dejar en ventilación en una campana extractora por suficiente tiempo como para permitir la evaporación total del Tolueno presente. Grandes cantidades de derrames se pueden coleccionar y atomizar en una cabina de combustión apropiada. No se debe disponer el Tolueno por desagües ya que presenta un alto riesgo de explosión. Los desagües de fábricas que manejan Tolueno en grandes cantidades deben tener desagües apropiados para evitar la acumulación de vapores explosivos en ellos.

Áreas donde se presenten derrames considerables se deben evacuar de forma inmediata y solo debe permanecer allí personal con ropa de seguridad apropiada como máscaras o caretas de respiración y trajes impermeables.



Tolueno

#### 4.25.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 50 ppm (1996) <sup>(7, 11)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 200 ppm (Fecha de estudio no reportada) <sup>(7, 11)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 200 ppm (Fecha de estudio no reportada) <sup>(11)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 500 ppm (Fecha de estudio no reportada) <sup>(7)</sup>

**STEL (TWA; 15 minutos; OSHA):** 500 ppm (Fecha de estudio no reportada) <sup>(7)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.25.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(12)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir contacto repetido o prolongado de la piel con Tolueno en forma líquida.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Tolueno líquido se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa no impermeable que se humedezca con Tolueno se debe remover inmediatamente y no se debe usar hasta que el Tolueno sea removido por completo.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que Tolueno líquido entre en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que Tolueno líquido entre en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

##### 4.25.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Se debe usar equipo de protección respiratoria (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 76. Protección respiratoria mínima para Tolueno en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 200 ppm (OSHA)
Concentración de vapores de hasta 500 ppm	Cualquier respirador de cartucho químico con cartucho para vapores orgánicos. Cualquier respirador de suministro de aire. Cualquier dispositivo de respiración autocontenido.
Concentración de vapores de hasta 1000 ppm	Un respirador de cartucho químico con cartucho para vapores orgánicos. Una máscara de gases tipo mentón o de cilindro frontal o posterior.
Concentración de vapores de hasta 2000 ppm	Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa, casco o capucha. Cualquier dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa
Concentraciones mayores a 2000 ppm o concentraciones desconocidas	Dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa operada en demanda de presión u otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya un respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o flujo continuo y un dispositivo auxiliar de respiración autocontenido operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva

**Tabla 76. Protección respiratoria mínima para Tolueno en el aire (continuación)**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 200 ppm (OSHA)
Lucha contra incendios	Dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Cualquier máscara de gases que provea protección contra vapores orgánicos.
Evacuación	Cualquier dispositivo de respiración autocontenido específico para evacuaciones

Tomado de "Occupational Health Guideline for Toluene; OSHA" <sup>(12)</sup>

#### 4.25.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con Tolueno, los individuos se deben entrenar en su manejo y almacenamiento. Además deben estar entrenados en el uso del equipo de protección personal.

##### 4.25.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

**S16:** Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas – no fumar

**S25:** Evítese el contacto con los ojos

**S39:** Usar protección para los ojos / la cara

**S33:** Evítese la acumulación de cargas electrostáticas

**S53:** Evítese la exposición – recábense instrucciones especiales antes del uso

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta)

**S61:** Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad

##### 4.25.8.2 ALMACENAMIENTO

Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. No fumar en lugares de almacenamiento por el peligro de acumulación de vapores inflamables de Tolueno. Evitar el deterioro de los contenedores. Mantenerlos cerrados cuando no están en uso. Almacenar las menores cantidades posibles. Los contenedores vacíos se deben separar del total de contenedores. Inspeccionar regularmente la bodega para detectar posibles fugas o corrosión. El almacenamiento debe estar retirado de áreas de trabajo. El piso debe ser sellado para evitar la absorción <sup>(7)</sup>.

#### 4.25.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES <sup>(11)</sup>

**Tabla 77. Usos, generación y control de emisiones de Tolueno**

Uso / Generación	Control
Usado como solvente de químicos, caucho, plásticos, pinturas, lacas, recubrimientos; usado como removedor de pintura; en insecticidas	Aislamiento del proceso; ventilación de dilución general; ventilación local del proceso; equipo de protección personal
Usado como materia prima e intermediario en las industrias de síntesis orgánica	Aislamiento del proceso; ventilación de dilución general; ventilación local del proceso; equipo de protección personal
Usado en la manufactura de cuero artificial; como diluyente	Aislamiento del proceso; ventilación de dilución general; ventilación local del proceso; equipo de protección personal
Usado como constituyente y aditivo en formulaciones de combustibles de automóviles y aviones	Aislamiento del proceso; ventilación de dilución general; ventilación local del proceso; equipo de protección personal

### 4.25.10.1 AIRE

Casi todo el Tolueno que ingresa al medio ambiente se dirige en últimas al aire ya sea de forma directa o a través de otras fuentes como el suelo o el agua. Se puede liberar de manera doméstica a partir del secado de esmaltes y endurecedores de uñas y en el humo del cigarrillo, pero esta cantidad es muy pequeña comparada con las restantes. De fuentes industriales se generan en cantidades significativas por acción de pérdidas en los procesos de producción y fugas en el almacenamiento, de esta forma se libera cerca del 2% del total; su uso como solvente de pinturas, lacas y pegantes genera un 33% del total del Tolueno liberado a la atmósfera; la fuente de emisión principal de Tolueno la constituye la evaporación a partir de gasolina y otros combustibles, que contienen entre un 5 y un 7% de Tolueno, por acción de derrames o por emisión de motores debido a mala combustión, aquí el porcentaje liberado corresponde al 65%. La significancia de las fuentes mencionadas puede variar de país a país y de región a región dependiendo de los niveles de industrialización y de consumo de combustibles en cada uno <sup>(6,8)</sup>.

Las concentraciones de Tolueno en áreas remotas y alejadas de la civilización son muy bajas, pero en zonas urbanas se puede encontrar entre 1,6 y 6,6 ppb aunque pueden ser mayores dependiendo de la presencia de fuentes de emisión fuertes como industrias o zonas de alto tráfico vehicular, pero por lo regular no exceden 1 ppm <sup>(5,6)</sup>.

Aunque la gran mayoría de las personas no entra en contacto con elevadas concentraciones de Tolueno durante su vida, algunos grupos de personas si lo están en ambientes laborales o por la acción del abuso en la inhalación de pegantes; las concentraciones a las que se exponen este tipo de personas son del orden de 300 mg/m<sup>3</sup> pero pueden ser mayores o menores dependiendo del caso específico <sup>(6)</sup>.

El Tolueno en el aire se degrada por acción de radicales Hidroxilo que lo llevan hasta cresol y Benzaldehído, que a su vez sufren rompimiento de anillo aromático y generan hidrocarburos simples; el proceso completo toma entre 13 y 104 horas dependiendo de las condiciones atmosféricas. El Tolueno también se oxida por reacción con Dióxido de Nitrógeno, Oxígeno y ozono, pero estas reacciones no son tan importantes como aquellas con radicales Hidroxilo. Las reacciones de descomposición de sustancias por acción de radiaciones solares no son importantes dentro de las formas de degradación del Tolueno <sup>(2,6,8)</sup>.

### 4.25.10.2 AGUA

El Tolueno puede alcanzar fuentes de agua por acción de descargas industriales y desechos urbanos, también por derrames de la sustancia como tal o sus mezclas con gasolina u otros solventes, sin embargo, las cantidades liberadas en el agua corresponden solo a una fracción muy pequeña de aquel que llega a la atmósfera <sup>(6)</sup>.

Las cantidades de Tolueno en las diferentes fuentes de agua es por lo regular muy bajo. Los niveles de Tolueno en aguas superficiales pueden oscilar al rededor de 3 ppb (partes por billón), pero esta concentración en ciudades y poblaciones industrializadas aumenta hasta 20 ppb en algunos casos. La presencia de Tolueno en la lluvia es muy baja, encontrándose en concentraciones entre 0,1 y 0,7 ppb. Los factores que afectan los niveles del Tolueno en el agua superficial y el agua subterránea incluyen la volatilización, la solubilidad, y, donde se refiere al agua subterránea, la degradación y/o la adsorción del Tolueno durante la filtración a través de suelos <sup>(6,8)</sup>.

El Tolueno no es una sustancia catalogada como persistente, no hay evidencia que existan acumulaciones de Tolueno en cadenas alimenticias acuáticas; se volatiliza o degrada de forma rápida, la velocidad de volatilización del Tolueno desde el agua varía dependiendo si se trata de aguas estancadas, en donde el proceso ocurre al cabo de hasta 16 días, o si se trata de aguas turbulentas, en donde la eliminación solo tarda entre 5 y 6 horas <sup>(2,6,8)</sup>.

La degradación del Tolueno presente en el agua se debe a mecanismos principalmente microbianos. Su vida media aquí es de solo 1 o 2 horas y depende de parámetros como la temperatura del agua o la cantidad de

microorganismos presentes. Aunque el Tolueno se puede oxidar por causa de las mismas reacciones que están presentes en el aire, las velocidades de estas en medio acuoso son muy bajas. Por medio únicamente de estas reacciones, su vida media en el agua podría estar entre unos 13 y 34 días. La biodegradación del Tolueno en agua se puede mejorar por la presencia de especies químicas como Sulfatos, Nitratos, Potasio y Fosfatos <sup>(2,6)</sup>.

#### 4.25.10.3 SUELO

La presencia de Tolueno en el suelo se debe principalmente a derrames accidentales de este material o de solventes y combustibles que lo contienen; también son importantes los desechos de la industria del petróleo y los lodos municipales <sup>(6)</sup>.

La alta volatilidad del Tolueno hace que su permanencia en el suelo sea baja y dependiente de factores como la temperatura, la humedad y el tipo de suelo; los periodos de permanencia aquí son de alrededor de unas 24 horas, en las que se libera hasta un 90% del Tolueno derramado. El 10% restante se absorbe de forma permanente y sufre los procesos de degradación por acción de bacterias y químicos oxidantes <sup>(2,5,6)</sup>.

El Tolueno se puede degradar en el suelo por la acción de una serie de bacterias conocidas como *Pseudomonas* y *Acromobacterias*. El proceso de biodegradación ocurre en dos etapas; la primera genera Acido Benzoico y en la segunda el anillo bencénico sufre rompimiento metabólico y en últimas se transforma en Dióxido de Carbono o en parte de la estructura celular de las bacterias. La vida media del Tolueno en el suelo en condiciones medioambientales aceptables por acción bacterial puede ser de entre 4 y 22 días <sup>(6)</sup>.

#### 4.25.11 ECOTOXICIDAD <sup>(2,8)</sup>

El Tolueno posee toxicidad moderada en organismos acuáticos; los peces presentan LC<sub>50</sub> entre 1 y 100 mg/l pero se pueden dar valores tan altos como 240 mg/l. Para organismos terrestres solo se presenta algún nivel grave de intoxicación cuando se exponen a altas concentraciones en el aire o por ingestión de grandes cantidades de esta sustancia; en ratas los niveles de LD<sub>50</sub> están en el orden de 5,3 a 5,9 g/kg de peso.

Larva de Mosquito CL<sub>50</sub> (24 horas): 21,5 mg/l

Salmón Rozado CL<sub>50</sub> (96 horas): 7,0 mg/l

Algas Marinas

Chlorella vulgaris EC<sub>50</sub> (24 horas): 245 (mg/l)

#### 4.25.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

Un método aceptable y efectivo para el tratamiento de residuos industriales o urbanos que contengan Tolueno consiste en la incineración a altas temperaturas. No se recomienda realizar rellenos sanitarios con esta sustancia debido a la posibilidad de generación de vapores explosivos <sup>(6)</sup>.

#### 4.25.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Environmental Protection Agency (EPA). Toluene Fact Sheet [en línea]. Agosto de 1994 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en [http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/f\\_toluen.txt](http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/f_toluen.txt)
2. Environmental Protection Agency. Toluene Chemical Summary [en línea]. Agosto de 1994 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en [http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/s\\_toluen.txt](http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/s_toluen.txt)
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado en enero de 2003 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>



4. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *ToxFAQ's for Toluene* [en línea]. Febrero de 2001 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts56.html>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Public Health Statement Toluene* [en línea]. Mayo de 1994 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs56.html>
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Toxicological Profile for Toluene* [en línea]. Septiembre de 2000 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp56.html>
7. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Medical Management Guidelines (MMGs) for Toluene* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado junio 16 de 2003 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg56.html>
8. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Environmental Health Criteria 52, Toluene* [en línea]. 1986 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc52.htm>
9. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *International Chemical Safety Cards, Toluene* [en línea]. Octubre de 2002 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc00/icsc0078.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc00/icsc0078.htm)
10. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
11. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Chemical Sampling Information, Toluene* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado noviembre de 2001 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_272200.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_272200.html)
12. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Occupational Health Guideline for Toluene* [en línea]. Septiembre de 1978, revisado agosto de 1998 [citado julio 7 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0619.pdf>
13. Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). *Software Dataquim. Hoja de Datos de Seguridad, Tolueno. Última actualización 2003. Bogotá, Colombia.*

Tolueno

## Glosario

**Absorción:** Es la penetración de una sustancia en la estructura interna de otra. En bioquímica, paso de sustancias a través de la membrana celular o tejidos especializados, del medio externo al medio interno de un organismo vivo.

**Acidosis:** Perturbación del equilibrio iónico en el organismo con tendencia a disminuir el pH por debajo de 7,35 como consecuencia de pérdida de bases o bien en el aumento de ácidos.

**Adición nucleofílica:** Tipo de reacción química generada por la atracción electrónica entre una sustancia rica en electrones y otra que carece de ellos para formar una sola molécula.

**Adsorción:** Incorporación de sustancias gaseosas sobre la superficie externa de un sólido.

**Agente mutagénico:** Agentes como radiaciones ionizantes o algunas sustancias químicas, que interactúan directa o indirectamente con el ADN y que provocan mutaciones.

**Agente teratogénico:** Sustancia capaz de provocar malformaciones en el embrión.

**Agua freática:** Agua subterránea que se encuentra bajo la capa o zona límite de la superficie de saturación terrestre (nivel freático).

**Albúmina:** Sustancia perteneciente al grupo de las albúminas. Es una proteína de bajo peso molecular, soluble en agua y soluciones diluidas de sales. Coagula por acción del calor. Se encuentran en los animales y los vegetales: en el suero (sero-albúmina), en la leche (lacto-albúmina), en los músculos, etc.

**Amalgama:** Aleación de mercurio con otro metal.

**Ataxia:** Incapacidad de controlar los movimientos musculares voluntarios.

**Azeótropo:** Mezcla de dos o más sustancias principalmente líquidas que, para una presión determinada, hierve a una temperatura fija teniendo el líquido y el vapor la misma composición. Se denomina también mezcla azeotrópica.

**Bacillus:** Tipo de bacteria presente en la naturaleza.

**Bauxita:** Mineral compuesto de óxidos hidratados de aluminio, de color rojizo. Anteriormente era considerado como un mineral único. Su formación es frecuente en ambientes tropicales.

**Bioacumulación:** La absorción y concentración de químicos tóxicos, metales pesados y ciertos pesticidas en plantas y animales.

**Biocida:** Sustancia química que destruye algunos animales o detiene su desarrollo.

**Bioconcentración:** Ver bioacumulación.

**Bradycardia:** Lentitud anormal del pulso cardiaco.

**Broncoaspiración:** Es el paso del material sólido (generalmente, el que contiene el estómago) al árbol bronquial

como consecuencia del desarreglo de los reflejos de cierre de la glotis, en pacientes con alteración del nivel de conciencia. Esta circunstancia puede ocasionar espasmos bronquiales e incluso el desarrollo de neumonías de carácter necrotizante.

**Carbón activado:** Carbón tratado especialmente para obtener una gran capacidad de absorción de gases o vapores. En sustancias líquidas se usa como agente decolorante y para retirar impurezas.

**Carga estática:** Es la carga eléctrica en reposo ubicada en la superficie de un cuerpo, usualmente generada por fenómenos de inducción.

**Caseína:** Tipo de proteína que contiene fósforo. Es el principal constituyente de la proteína de la leche. Coagula por la acción de ácidos en presencia de iones de calcio.

**Catalizador:** Sustancia que modifica la velocidad de una reacción química, permaneciendo inalterada al final de la misma. Existe también un grupo de catalizadores biológicos llamados enzimas.

**Catarsis salina:** Inducción del vómito por acción de una bebida salina.

**Célula epitelial:** Células que constituyen el tejido epitelial que actúa como cubierta protectora de ciertas superficies, ya sea el exterior de un órgano o el revestimiento de la pared de una cavidad orgánica.

**Centrifugación:** Operación de separación de mezclas de líquidos inmiscibles de diferente densidad o mezclas líquido, sólido por acción de fuerzas generadas por la rotación a alta velocidad de la masa a separar.

**Cianosis:** Coloración azul violeta de la piel y mucosas, acentuada en las extremidades, normalmente debida a una mala oxigenación de la sangre, y que suele ser consecuencia de un trastorno cardíaco o respiratorio.

**Citoplasma:** Cuerpo de la célula que circunda al núcleo, lugar donde se efectúan las principales funciones de la vida celular.

**Contracorriente:** En ingeniería química, disposición de corrientes en un equipo de tal manera que una va en sentido opuesto de la otra.

**Convertidor catalítico:** Dispositivo de acción catalítica ubicado en el tubo de escape de gases de los automóviles que permite reducir las emisiones contaminantes de estos vehículos al medio ambiente.

**Cristalización:** Proceso por el que una sustancia adopta la forma de sólido cristalino partiendo de la misma sustancia fundida o de su disolución en un solvente apropiado. La cristalización se produce cuando se alcanza una concentración mayor a la saturación.

**Cromatografía de gases:** Proceso analítico en el que se separan los componentes de una mezcla, haciendo que se evapore en una corriente de gas transportador que pasa a través de un lecho sólido adsorbente.

**Cromóforo:** Parte de una molécula susceptible de interacción con la luz por absorción selectiva de algunas longitudes de onda, lo que hace que esta molécula aparezca coloreada.

**Cromosoma:** Nombre que recibe la estructura formada por ácidos nucleicos y proteínas presente en todas las células vegetales y animales. El cromosoma contiene el ácido nucleico, ADN, que se divide en pequeñas unidades llamadas genes.

**Deshidrogenación:** Proceso por el cual el hidrógeno se separa de los compuestos que lo contienen por medios químicos.

**Diálisis:** Separación de los solutos de una disolución a partir de las distintas velocidades de difusión de éstos en una membrana semipermeable.

**E. Coli:** Bacilo aerobio gram-negativo que no produce esporas, con forma de bastón (bacilo), que pertenece a la familia de los entero bacteriáceas. Esta bacteria se encuentra en el tracto intestinal de los mamíferos. Las especies de *Escherichia coli* oportunistas producen infecciones sólo si abandonan el colon. Otros grupos producen hasta el 90% de las diarreas infantiles y la denominada diarrea del viajero.

**Edema:** Infiltración y retención excesiva de líquido contenido en los intersticios de los tejidos, en especial el tejido conjuntivo.

**Electrólisis:** Descomposición o transformación de compuestos químicos, líquidos o disueltos, mediante el paso de corriente eléctrica.

**Electrolito:** Sustancia pura que en solución acuosa se disocia en iones de modo que puede efectuar una electrólisis. Son ejemplos las disoluciones de ácidos, bases y sales en agua.

**Emisión:** Producción de partículas, gases o vapores, generados en procesos que pueden tener contacto íntimo con el aire en alguna de sus etapas. Normalmente se le da la connotación de contaminante.

**Enlace covalente blindado:** Nombre genérico para enlaces covalentes en donde la compatibilidad de los átomos de los elementos que intervienen en el enlace es elevada, generando un enlace difícil de romper.

**Epiglotis:** Órgano lobular, ubicado en la parte superior al inicio del tracto laringofaríngeo, que en el momento de la deglución cierra la abertura superior de la laringe.

**Eritrocito:** Glóbulo rojo.

**Eutrificación:** Crecimiento excesivo y anormal de la flora en lagos y lagunas, causado por un incremento de los nutrientes (nitrógeno y fósforo).

**Fórmula estructural:** Tipo de representación de sustancias químicas que indica la localización de los átomos, radicales, o iones en relación unos con otros, así como el número y la localización de los enlaces químicos.

**Fórmula molecular:** Tipo de representación de sustancias químicas que muestra el número real y la clase de átomos de una entidad química.

**Fotólisis:** Fenómeno de rompimiento molecular por acción de la luz solar.

**Gas Licuado:** Denominación general dada a sustancias muy volátiles que se mantienen en estado líquido por medio de la acción de alta presión y baja temperatura.

**Glaucoma:** Enfermedad caracterizada por el aumento de la tensión intraocular, consecuencia de la excesiva producción de humores oculares y causa la atrofia de la retina y nervio óptico.

**Gravedad específica:** Es el peso de un volumen dado de cualquier sustancia, referido al peso de un volumen igual de agua. Debido a que estas medidas varían con la temperatura, se acostumbra reportar los valores para las dos temperaturas a las que se realizaron los ensayos.

**Hemoglobina:** Pigmento de los glóbulos rojos que se halla en la sangre de los vertebrados y algunos invertebrados. Participa activamente en el proceso de respiración con el intercambio de gases.

**Hepatomegalia:** Aumento del tamaño del hígado provocado por diversas causas patológicas o no.

**Hexosa:** Tipo de azúcar compuesto de seis átomos de carbono.

**Hidrocarburos alicíclicos:** Son hidrocarburos alifáticos que tienen unidos entre sí los átomos de carbono de los extremos de la cadena formando un anillo.

**Hidrocarburos aromáticos:** Son aquellos que se derivan del benceno, bien por la existencia en su anillo de cadenas laterales o por la existencia de varios ciclos.

**Hidrólisis:** Descomposición química de una sustancia por acción del agua.

**Hipertensión:** Aumento anormal de la tensión arterial.

**Hipotensión:** Disminución anormal de la tensión arterial.

**Ictericia:** Coloración amarilla de piel y mucosas, debido a la impregnación de los tejidos con sales biliares. Generalmente son síntomas de afecciones del hígado y enfermedades hemolíticas.

**Licuefacción:** Proceso por el cual un gas se transforma en líquido

**Lignina:** Compuesto aromático complejo que forma parte de los tejidos de sostén de los vegetales.

**Límite de inflamabilidad:** Intervalo de concentraciones de una sustancia volátil inflamable, disuelta en aire, dentro de las cuales se presenta riesgo de explosión. Los valores de las concentraciones se acostumbra expresar como porcentaje en volumen.

**Linfocitos:** Variedad de glóbulo blanco en la sangre, de pequeñas dimensiones.

**Lixiviación:** Proceso de lavado que realiza el agua que se filtra en el suelo. La lixiviación es responsable de un problema medioambiental muy grave, ya que produce la contaminación de los suelos y de las aguas subterráneas o superficiales cuando el agua de lluvia arrastra sustancias contaminantes presentes, por ejemplo, en un relleno sanitario.

**Membrana mucosa:** Capa de tejido que se encuentra recubriendo varias cavidades tubulares del cuerpo (intestinos, traquea, etc.).

**Membranas de intercambio iónico:** Membranas formadas por resinas de intercambio iónico, las cuales presentan actividad aniónica o catiónica.

**Metabolismo:** Conjunto de los cambios y transformaciones químicas y biológicas que se producen continuamente en los seres vivos.

**Mielo fibrosis:** Trastorno de la médula ósea en el cual la médula es reemplazada por tejido fibroso.

**Mutagénesis:** Proceso de cambio brusco y permanente de uno o varios caracteres hereditarios, que sobreviene de modo espontáneo, o que es provocado por cualquier agente externo como virus, radiación o sustancias químicas.

**Narcosis:** Estado de inconsciencia profunda, provocado por una sustancia química narcótica como el éter etílico o el formol.

**Necrosis:** Muerte de una o varias células. Puede ocurrir de modo natural como sucede en la epidermis, o bien, en el curso de una enfermedad.

**Nefritis:** Inflamación aguda o crónica del riñón.

**Neumonitis:** Enfermedad infecciosa localizada en el pulmón.

**Neuropatía periferal:** Cualquier enfermedad asociada con el sistema nervioso periférico.

**Neutropenia:** Disminución patológica de un tipo de glóbulos blancos presentes en la sangre

**Niebla:** Suspensión estable de gotas de una sustancia líquida en un gas.

**Número UN:** Número de identificación asignado por las Naciones Unidas a los materiales peligrosos comúnmente transportados. Se usan para identificar fácilmente los materiales peligrosos en emergencias relacionadas con su transporte.

**Peso molecular:** La medida de la masa atómica de una molécula

**pH:** Medida del carácter ácido o básico de una sustancia en medio acuoso.

**Presión de vapor:** Presión que ejerce el vapor en equilibrio con el líquido o el sólido que lo origina a determinada temperatura.

**Punto de auto inflamación:** Es la temperatura mínima a la que un líquido desprende suficiente cantidad de vapor que, en contacto con el aire, forma una mezcla capaz de arder en las proximidades de la superficie del líquido.

**Punto de ebullición:** Temperatura a la que una sustancia líquida pasa a estado gaseoso a una presión determinada.

**Punto de fusión:** Temperatura a la cual una sustancia pasa del estado sólido al estado líquido.

**Queratina:** Proteína muy fibrosa y resistente que representa la mayor parte del material contenido en las células que forman la epidermis de la piel, así como las del pelo, uñas, escamas, plumas, picos, cuernos y pezuñas de los animales.

**Radiación ultravioleta:** Radiación electromagnética cuyas longitudes de onda van aproximadamente desde los 400 nm, el límite de la luz violeta, hasta los 15 nm, donde empiezan los rayos X. La radiación ultravioleta puede producirse artificialmente mediante lámparas de arco; la de origen natural proviene principalmente del sol.

**Radicales libres:** Cualquier molécula independiente que contiene uno o más electrones sin aparear y que por tanto son muy reactivas. Por lo común, estas especies poseen una vida media muy corta.

**Reacción endotérmica:** Tipo de reacción química en donde se absorbe calor del medio circundante a la reacción.

**Reacción exotérmica:** Tipo de reacción química en la cual se libera calor al medio circundante.

**Reacciones fotoquímicas:** Son aquellas en las que se suministra energía lumínica para iniciar la reacción química.

**Rinitis:** Inflamación aguda o crónica de la mucosa nasal ocasionada por un proceso alérgico.

**Saponificación:** Descomposición de un cuerpo graso, por acción de hidróxidos metálicos, en una sal de ácido graso conocida como jabón.

**Scrubber:** Lavador de gases.

**Shock:** Situación de insuficiencia circulatoria aguda de la sangre. Es el resultado de la incapacidad del corazón de bombear un volumen adecuado de sangre a la presión necesaria para que pueda llegar a los principales órganos del cuerpo.

**Sintomatología:** Grupo de manifestaciones subjetivas de un trastorno por parte de un enfermo, que puede tener correspondencia o no con algún signo.

**Sistema nervioso:** Conjunto de los elementos que en los organismos animales están relacionados con la recepción de los estímulos, la transmisión de los impulsos nerviosos o la activación de los mecanismos de los músculos.

**Smog:** Mezcla de niebla con partículas de humo, formada cuando el grado de humedad en la atmósfera es alto y el aire está tan quieto que el humo se acumula cerca de su fuente. El *smog* reduce la visibilidad natural y, a menudo, irrita los ojos y el aparato respiratorio.

**Taquicardia:** Aumento del número de latidos del corazón (más de 100 por minuto en el adulto y 150 en el niño).

**Trombosis:** Formación y desarrollo de un coágulo en la sangre.

**Tropósfera:** Capa de la atmósfera que se extiende desde la superficie de la tierra hasta una altura aproximada de 10 km.

**Vermiculita:** Mineral del grupo de los silicatos, que se usa para adsorción de sustancias químicas líquidas.

**Vida media:** Tiempo necesario para que el 50% de una sustancia se degrade.

**Zeolitas:** Tipo de silicatos hidratados que se encuentran en las grietas de las rocas eruptivas. Se conocen también como tamices moleculares cuando se generan de manera artificial.

**ACGIH:** American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales. Esta organización establece los límites de exposición ocupacional recomendados para sustancias químicas y agentes físicos.

**AIHA:** American Industrial Hygiene Association. Asociación Americana de Higienistas Industriales.

**CAS:** Número asignado por el Chemical Abstracts Service Chemical Registry System. Un número de registro CAS designa una sola sustancia, en la medida en que su estructura haya sido identificada en términos de átomos, enlaces de valencia y disposición espacial. También puede definir una sustancia compleja y variable que no se puede describir en función de su estructura.

**CL<sub>50</sub>:** Concentración Letal 50. Concentración de una sustancia que mata al 50% de los animales de estudio en una investigación toxicológica.

**DHHS:** U.S. Department of Health & Human Services. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos.

**DL<sub>50</sub>:** Dosis Léthal 50. Cantidad de una sustancia que mata al 50% de los animales de estudio en una investigación toxicológica.

**DLLo:** La mínima concentración de una sustancia tóxica que mata los organismos de prueba.

**EPA:** Environmental Protection Agency. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

**FDA:** Food and Drug Administration. Agencia federal de los Estados Unidos que se dedica a la protección de la salud del público por medio del control en drogas y alimentos.

**IARC:** International Agency for Research on Cancer. Agencia Internacional para Investigación sobre Cáncer. Organización reconocida científicamente para clasificar los carcinógenos potenciales.

**IDLH:** Immediately dangerous to life and health. Inmediatamente peligroso para la salud y la vida. Es la máxima concentración de un químico para la cual una persona dispone de 30 minutos para abandonar el área de exposición sin aparición de efectos sobre la salud. Se usa para la determinación de equipos de respiración.

**LDo:** La mayor concentración de una sustancia tóxica para la cual ninguno de los organismos expuestos muere.

**NIOSH:** National Institute of Occupational Safety and Health. Es una agencia de servicio público que prueba y certifica dispositivos respiratorios y de muestreo de aire.

**NOEC:** No Observed Effect Concentration. Concentración máxima para la cual no se observan efectos en organismos expuestos. Generalmente se utiliza como una medida de ecotoxicidad.

**OSHA:** Occupational Safety and Health Administration. Administración de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional de los Estados Unidos.

**PEL:** Permissible exposure limit. Límite de exposición permisible. Límite de exposición ocupacional establecido bajo la autoridad de la OSHA. Por reglamentación, este límite nunca se puede exceder en ninguna instalación de los Estados Unidos.

**ppb:** Partes por billón. Concentración en peso de una sustancia que representa la cantidad de microgramos de ésta presentes en un kilogramo de muestra.

**ppm:** Partes por millón. Concentración en peso de una sustancia que representa la cantidad de miligramos de ésta presentes en un kilogramo de muestra.

**STEL:** short-term exposure limit. Es un tipo de TLV definido por la ACGIH para periodos cortos de tiempo.

**TLm:** median tolerance limit. Es la concentración de una sustancia tóxica para la cual el 50% de los organismos expuestos sobrevive. Se aplica por lo regular a organismos acuáticos.

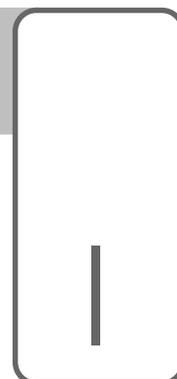
**TLV:** Threshold limit value. Límite para un material en el cual o por debajo del cual los trabajadores no deberían presentar problemas para la salud. Se expresa como un promedio ponderado en el tiempo (TWA) para un día de 8 horas, como un límite de exposición a corto plazo en periodos de 15 minutos (STEL) o como un valor límite que no se debe exceder bajo ninguna circunstancia.

**TWA:** Time-weighted average. Promedio ponderado en el tiempo. Es un tipo de muestreo que se utiliza para la determinación de concentraciones medias de sustancias en ambientes de trabajo, por lo general se usa de 15 minutos para exposiciones cortas o de 8 horas para exposiciones prolongadas.

**VOC:** volatile organic compound. Familia de sustancias altamente volátiles que están asociadas con la generación de ozono en la atmósfera baja.

# Anexo

## Selección de equipos de protección en operaciones con sustancias químicas peligrosas



### INTRODUCCIÓN

Aunque la selección de los equipos de seguridad y protección personal debe abarcar todos los aspectos relacionados con el ambiente laboral del trabajador, aquí solo se tomarán en cuenta aquellos relacionados con la acción directa de los materiales o sustancias químicas peligrosas.

Existen dos tipos generales de situaciones en donde el uso de equipos de protección personal contra sustancias químicas peligrosas se hace necesario. El primer tipo de situación y la más crítica de forma instantánea, es la eventualidad de un accidente que involucre sustancias químicas peligrosas liberadas en el ambiente; el segundo tipo hace referencia a la exposición o el contacto con este mismo tipo de sustancias en niveles, concentraciones o cantidades bajas para ambientes laborales en operación cotidiana. Las áreas donde se hace necesario el uso de equipo de protección personal incluyen laboratorios, lugares de almacenamiento, de procesamiento, de fabricación y en operaciones de transporte.

Los accidentes en los que se ven involucradas sustancias químicas peligrosas requieren atención especial y se deben atender solo por personal entrenado o calificado, ya que generalmente los procedimientos y decisiones que aquí se toman, repercuten en la salud de trabajadores, de personas externas a las instalaciones químicas y en la integridad del medio ambiente que hace parte del área de afectación de dicha instalación.

En cuanto al trabajo en ambientes laborales comunes, se debe resaltar que existen otras formas de prevenir la liberación de sustancias químicas peligrosas al ambiente directo de los trabajadores que además son muy útiles para disminuir las repercusiones ambientales de los procesos. Estas incluyen entre otras, la optimización y ajuste de las variables del proceso u operación y el aislamiento del proceso. Como último recurso se debe proceder a la utilización de equipos de protección personal ya que esta indumentaria en general restringe la movilidad del trabajador, aumenta sus niveles de estrés y produce incomodidad. Solo en casos especiales, como en la limpieza interior de tanques y trabajo en laboratorios, se justifica el uso de equipos de protección personal en actividades comunes de trabajo.

Todos los esfuerzos encaminados a la selección y uso de equipo de protección personal apropiado serán inútiles si éste no se usa de manera adecuada, lo que daría como resultado una pérdida de tiempo y de dinero. Por tal razón, la elección de los dispositivos de protección personal se debe llevar a cabo con la participación de los trabajadores, ya que en últimas son ellos quienes deberán usarlos. De esta manera, ellos podrán opinar sobre su comodidad, aplicabilidad y limitaciones de manejo, así como sobre los procedimientos específicos para su uso en las sesiones de entrenamiento.

La elección del uso de los equipos de protección personal apropiados se debe realizar teniendo en cuenta cada situación específica, de esta forma se deben tener en cuenta criterios como el tipo de contaminante que se encuentra presente en el área afectada, sus propiedades físicas, químicas y toxicológicas, el nivel del evento (emergencia o situación normal), entre otras que se discutirán de forma extensa a continuación.

## CONSIDERACIONES PARA CASOS DE EMERGENCIA

Todos los criterios de selección y descripción de componentes de equipos de protección personal son válidos tanto para situaciones de emergencia como para ambientes laborales cotidianos.

Durante la etapa de preparación frente a emergencias se debe identificar el equipo de protección personal necesario con base en las situaciones potenciales de emergencia y en los criterios de selección descritos en este anexo.

Se debe tener en cuenta que aunque en la operación cotidiana se use ropa de protección personal que cubra los más altos niveles de peligro, para la atención de emergencias debe existir equipo específicamente definido y separado, que solo se use en dichas circunstancias. Este equipo debe estar completamente limpio, aislado de fuentes de deterioro, con tanques de Oxígeno o aire bien cargados y con disponibilidad suficiente para todo el personal dedicado y designado para la atención de emergencias.

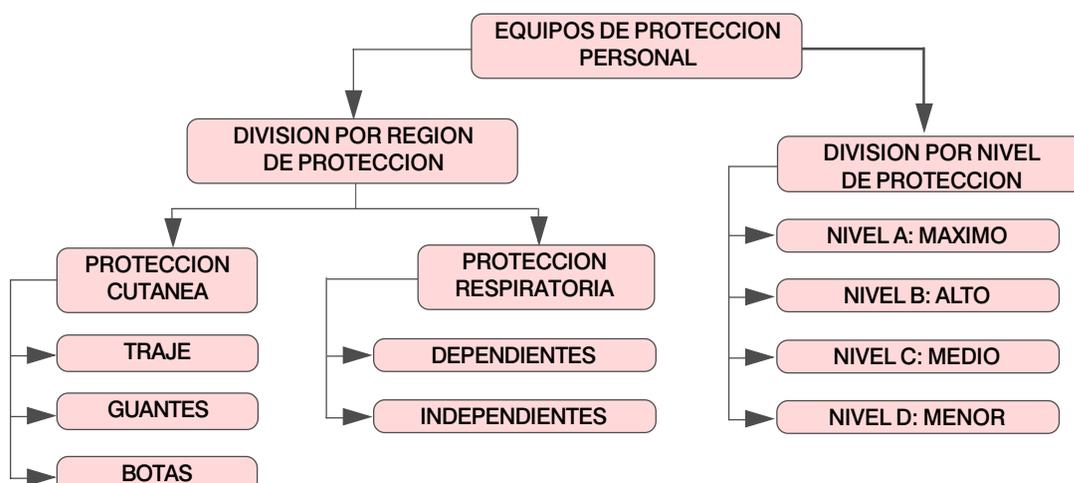
Los controles de ingeniería al interior de una planta química deben asegurar en todos los casos posibles, que nunca sea necesario para la operación cotidiana el uso de los máximos niveles de protección. La ocurrencia de estas necesidades generará gastos excesivos en materiales de protección ya que, como se mencionó antes, los equipos de protección personal poseen una vida útil muy limitada y son muy costosos. De esta manera, equipos como los autocontenidos y los trajes completamente encapsulados solo se deben usar en eventos de emergencia.

## EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

La función del equipo de protección personal no es reducir el riesgo o peligro del personal de trabajo, sino adecuar al individuo al medio y grado de exposición. En caso de duda o desconocimiento del grado de exposición o contaminación a que estará expuesto el trabajador, se hace necesario el uso de los equipos de protección máxima para evitar cualquier posible riesgo innecesario de las personas que se encuentran en el área de trabajo o emergencia.

Los equipos de protección personal se dividen en dos tipos, aquellos para protección cutánea y los de protección respiratoria. Los equipos de protección cutánea se dividen de acuerdo con la parte del cuerpo que pretendan proteger; de esta forma se tiene la ropa, guantes y botas de protección. Así mismo, los equipos de protección respiratoria se dividen en dependientes e independientes, de acuerdo con la procedencia del aire de respiración del individuo que porta el equipo. Además de estas clasificaciones existe una clasificación complementaria de cuatro niveles (A, B, C, D) que agrupa los equipos teniendo en cuenta el nivel de riesgo que se presenta en el lugar específico donde se está llevando a cabo la operación o emergencia.

Figura 1. Esquema de clasificación de los equipos de protección personal



## 1. DIVISION POR NIVEL DE PROTECCIÓN

Esta es una división propuesta en los Estados Unidos por la NFPA y se basa en la delimitación del nivel de requerimientos que debe cumplir el equipo de protección personal para situaciones específicas de trabajo o de emergencia.

### 1.1 NIVEL A

Se debe utilizar cuando se requiera el mayor índice de protección tanto respiratoria como para la piel y los ojos. Consta de:

- Aparato autónomo de respiración con presión positiva o tubo externo de aire.
- Ropa totalmente encapsulada.
- Guantes internos, externos y botas resistentes a productos químicos.
- Casco incorporado en la ropa.
- Equipo de comunicación antiexplosión.

El nivel A de protección se debe elegir cuando:

- La sustancia química ha sido identificada y se requiere el más alto nivel de protección para el sistema respiratorio, piel y ojos.
- Se sospecha la presencia de sustancias con un alto potencial de daño a la piel y sea posible el contacto, según la actividad que se va a realizar.
- Se realicen acciones en lugares confinados y sin ventilación.
- Las lecturas directas en equipos de monitoreo indiquen concentraciones peligrosas de gases o vapores en la atmósfera; por ejemplo, valores superiores al IDLH, TLV, etc.

### 1.2 NIVEL B

Se debe usar en caso de que se requiera un mayor índice de protección respiratoria pero con un grado inferior de protección para la piel. Consta de:

- Aparato autónomo de respiración con presión positiva.
- Ropa de protección contra salpicaduras químicas confeccionada en una o dos piezas.
- Guantes internos, externos y botas resistentes a productos químicos.
- Casco.
- Equipo de comunicación antiexplosión.

El nivel B de protección se debe elegir cuando:

- El producto implicado y su concentración han sido identificados y se requiere un alto grado de protección respiratoria pero sin exigir ese mismo nivel de protección para la piel. Por ejemplo, atmósferas con una concentración de producto en el nivel del IDLH, TLV, etc., sin representar riesgos para la piel o incluso cuando no sea posible utilizar máscaras con filtro químico para tal concentración y por el tiempo necesario para la actividad que se va a realizar.
- La concentración de Oxígeno en el ambiente es de un volumen inferior a 19,5%.
- Exista poca probabilidad de formación de gases o vapores en altas concentraciones que puedan ser dañinas para la piel.

### 1.3 NIVEL C

Se debe usar cuando se desea obtener un grado de protección respiratoria inferior al Nivel B pero con las mismas condiciones de protección para la piel. Consta de:

- Aparato autónomo de respiración sin presión positiva o máscara facial con filtro químico.

- Ropa de protección contra salpicaduras químicas confeccionada en una o dos piezas.
- Guantes internos, externos y botas resistentes a productos químicos.
- Casco.
- Radio.

El nivel C de protección se debe elegir cuando:

- La concentración de Oxígeno en el ambiente no es de un volumen menor a 19,5 %.
- El producto ha sido identificado y se puede reducir su concentración a un valor inferior a su límite de tolerancia con el uso de máscaras filtrantes.
- La concentración del producto no sea superior al IDLH, TLV, etc.
- El trabajo que se va a realizar no exija el uso de máscara autónoma de respiración.

#### 1.4 NIVEL D

Solamente se debe usar como uniforme o ropa de trabajo y en lugares no sujetos a riesgos para el sistema respiratorio o la piel. Este nivel no incluye protección contra riesgos químicos. Consta de:

- Overoles, uniformes o ropas de trabajo.
- Botas o zapatos de cuero o goma resistentes a productos químicos.
- Gafas o viseras de seguridad.
- Casco.

El nivel D de protección se debe elegir cuando:

- No haya presencia de contaminantes en la atmósfera.
- No exista posibilidad de salpicaduras, inmersión o riesgo potencial de inhalación de cualquier producto químico.

## 2 DIVISION POR REGION DE PROTECCIÓN

### 2.1 PROTECCION CUTÁNEA

#### 2.1.1 TRAJE

El material de confección del traje de protección y su modelo constituyen dos factores que afectan de forma importante la elección del traje de protección y se han constituido en una de sus formas de clasificación. El material debe ser lo más resistente posible al producto o a los productos a los que se expone el personal para evitar filtraciones a través del traje y el modelo debe asegurar la ausencia de contacto de sustancias líquidas, sólidas o gaseosas con la piel. Otros criterios de selección importantes incluyen la probabilidad de exposición en el ambiente laboral, la facilidad de descontaminación del traje y la movilidad del personal que se encuentra usando el traje protector. De igual forma el costo es un factor que se debe tener en cuenta pero que no es determinante.

De acuerdo al modelo se pueden encontrar tres tipos de trajes de protección:

- **Traje Totalmente Encapsulado:** Este tipo de vestimenta es de una sola pieza y aísla por completo al usuario. Es útil en el caso de gases, vapores o partículas peligrosas suspendidas en el aire si se usa en conjunto con un equipo de protección respiratoria, guantes y visor. Además, por su carácter aislado, protege de forma muy efectiva contra salpicaduras de líquidos en cualquier parte del cuerpo. El nivel de complejidad presente en este tipo de traje hace necesaria la ayuda de otra persona en el momento de vestirlo. Se acostumbra que junto con un traje totalmente encapsulado se usen chalecos de refrigeración, sistemas de comunicación interna al traje y botas resistentes a químicos dos tallas arriba de la talla normal.

- **Traje No Encapsulado:** Se usa para evitar salpicaduras químicas. No presenta protección facial incorporada. Se puede usar en combinación con equipo de respiración autónomo, tubo de aire proveído externamente o con máscaras o respiradores con filtro para químicos. Este tipo de trajes se puede presentar como ropa de una o de dos piezas y puede incluir capuchas y otros aditamentos. Este tipo de ropa no protege contra gases, vapores ni material particulado.
- **Traje de Uso Único o Desechable:** Este nombre es relativo, ya que en situaciones de contaminación extrema, aún la ropa más resistente se puede tomar como descartable. Por otro lado, para esta clasificación se toma en cuenta el costo, la facilidad de descontaminación y la calidad de la confección.

En cuanto al material de confección del traje, éste debe proveer buena resistencia e integridad frente a diferentes factores como sustancias químicas, degradación mecánica, degradación térmica; además debe ser flexible y, en casos de equipo reusable, de fácil limpieza. Los materiales que se usan en la fabricación de este tipo de equipo por lo común se pueden clasificar en dos grupos: aquellos materiales elastoméricos y los no elastoméricos.

- **Elastoméricos:** Son materiales poliméricos que se pueden estirar y al retirar la fuerza que se ejerce sobre ellos, regresan a su forma y tamaño original. Muchos de los materiales de protección pertenecen a esta categoría e incluyen: cloruro de polivinilo (PVC), neopreno, caucho de nitrilo, alcohol polivinílico (PVA), viton, teflón y caucho butílico, entre otros. Los elastómeros se pueden o no colocar en capas sobre un material semejante a la tela. En la siguiente tabla se resumen los tipos de materiales mas usados para la confección de trajes de protección personal junto con los tipos de sustancias que resisten y los que no.

**Tabla 1. Materiales elastoméricos para confección de trajes de seguridad**

MATERIAL DE CONFECCION	APROPIADO PARA:	INAPROPIADO PARA:
CAUCHO DE BUTILO	Bases y muchos compuestos orgánicos	Hidrocarburos alifáticos y aromáticos, gasolina, hidrocarburos halogenados
POLIETILENO CLORADO (CPE)	Hidrocarburos alifáticos, ácidos y bases, alcoholes y fenoles, abrasión y ozono	Aminas, esterres, acetonas, hidrocarburos halogenados, bajas temperaturas
NEOPRENO (CLOROPRENO)	Bases y ácidos diluidos, peróxidos, combustibles y aceites, hidrocarburos alifáticos, alcoholes, glicoles, fenoles, abrasión y resistencia a cortes	Hidrocarburos halogenados, hidrocarburos aromáticos, acetonas
CAUCHO DE NITRILO	Fenoles, bifenilos policlorados, aceites y combustibles, alcoholes, aminas, bases, peróxidos, abrasión y resistencia a cortes	Hidrocarburos halogenados y aromáticos, amidas, acetonas y bajas temperaturas. Mientras mayor sea la concentración de acrilonitrilo, mejor será la resistencia química, a pesar del aumento de la rigidez del material
POLIURETANO	Bases, alcoholes, hidrocarburos alifáticos, abrasión, bajas temperaturas	Hidrocarburos halogenados
ALCOHOL POLIVINÍLICO (PVA)	Casi todos los compuestos orgánicos, ozono.	Esterres, éteres, ácidos y bases
CLORURO DE POLIVINILO (PVC)	Ácidos y bases, algunos compuestos orgánicos, aminas y peróxidos	La mayoría de los compuestos orgánicos, cortes y calor

**Tabla 1. Materiales elastoméricos para confección de trajes de seguridad (continuación)**

MATERIAL DE CONFECCION	APROPIADO PARA:	INAPROPIADO PARA:
VITON	Hidrocarburos aromáticos y alifáticos, hidrocarburos halogenados, ácidos	Aldehídos, acetonas, ésteres (solventes oxigenados), aminas
TEFLÓN	El teflón se ha utilizado en ropas de protección pero se dispone de poca información sobre la permeabilidad. Así como el viton, se cree que el teflón provee una resistencia química excelente contra la mayoría de las sustancias Los fabricantes de ropas de protección desarrollaron una técnica que consiste en co-	
MEZCLAS DE MATERIALES	locar diferentes tejidos en capas a fin de mejorar la resistencia química. De este modo, se diseña una ropa con varias capas. Algunos ejemplos de ropas totalmente encapsuladas confeccionadas en capas son viton / caucho de butilo (Trelling), viton / neopreno (Vautex MSA y Dräger) y caucho butílico / neopreno (Betex MSA).	

- **No Elastoméricos:** Este tipo de materiales abarca al Tyvek, polietileno revestido con Tyvek y Saranex entre otros. A continuación se presenta una tabla donde se describen las aplicaciones y limitaciones de estos tipos de materiales.

**Tabla 2. Materiales no elastoméricos para confección de trajes de seguridad**

MATERIAL DE CONFECCION	APROPIADO PARA:	INAPROPIADO PARA:
TYVEK	Material particulado seco y de bajo peso	Resistencia química (penetración / degradación) durabilidad
POLIETILENO REVESTIDO CON TYVEK	Ácidos y Bases, Alcoholes, Fenoles, Aldehídos, Descontaminación, bajo peso	Hidrocarburos Halogenados, Hidrocarburos Alifáticos y Aromáticos, penetración (por la cremallera)
SARANEX	Ácidos y Bases, Aminas, algunos compuestos orgánicos, PCB, descontaminación, bajo peso, durabilidad	Hidrocarburos Halogenados y Aromáticos, penetración (por la cremallera)

Cabe resaltar que al elegir el material de protección, se debe tener en cuenta que no existe un material de protección que sea impermeable totalmente y por tanto no existe un material que provea protección contra todas las sustancias químicas.

### 2.1.2 GUANTES

No siempre es fácil decidir qué tipo de guante se debe usar para una determinada actividad. Los materiales más utilizados para la confección de guantes son:

- Alcohol polivinílico (PVA).
- Caucho natural.
- Caucho de nitrilo (acrilonitrilo y butadieno).
- Caucho de butilo (isobutileno e isopreno).
- Cloruro de polivinilo (PVC).
- Neopreno.

- Polietileno (PE).
- Poliuretano (PV).
- Viton.

El grosor del material de confección del guante es un factor importante que se debe considerar en el proceso de selección. Para un determinado grosor, el material (polímero) seleccionado influye mucho en el nivel de protección del guante. Para un polímero, si el material es más grueso, se obtendrá una mejor protección, pero se deberá verificar que se pueda tolerar la pérdida de destreza (debido al grosor) de manera segura para tal actividad. Por lo general, los aditivos se usan como materia prima para obtener las características deseadas del material. Por lo tanto, existe cierta variación en la resistencia química y en el desempeño físico de guantes confeccionados con el mismo polímero, pero de fabricantes diferentes.

Al igual que para las ropas de protección, para elegir el tipo de guante se debe considerar tanto la permeabilidad como la degradación del material.

En muchas situaciones se aconseja usar un par de guantes adicionales que se colocan sobre los guantes de protección para proveer mayor seguridad de acuerdo con el servicio que se va a realizar. También es una buena práctica de trabajo usar guantes desechables (tipo quirúrgico) bajo el guante de protección con el fin de aumentar el tacto y la sensibilidad.

### 2.1.3 BOTAS

Todos los conceptos expuestos para la ropa y guantes (permeabilidad, degradación, penetración, etc.) se pueden aplicar a las botas, pero la protección que estas ofrecen no solamente se debe al material de confección, sino también al grosor de la suela que, en la mayoría de los casos, permite un mayor tiempo de contacto en comparación con los guantes y ropas confeccionadas con el mismo material.

## 2.2 PROTECCION RESPIRATORIA

La finalidad de estos equipos es proteger al usuario de los riesgos que representa la presencia de contaminantes en el medio ambiente. El método para eliminar o disminuir el riesgo respiratorio se basa fundamentalmente en el uso de una pieza facial que actúa como barrera para las sustancias tóxicas, si se trata de equipos dependientes, o que transporta aire u Oxígeno desde un tanque o un contenedor, si se trata de equipos independientes.

La elección del equipo de protección respiratoria adecuado para la protección del personal depende básicamente de la evaluación previa de las variables presentes en el ambiente donde se desarrollarán las actividades.

Para elegir el equipo más adecuado, se deben observar los siguientes aspectos:

**Tabla 3. Aspectos a evaluar para la elección de la protección respiratoria adecuada**

En relación con el riesgo	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Porcentaje de Oxígeno en el ambiente</li> <li><input type="checkbox"/> Existencia de contaminantes - Clase toxicológica</li> <li><input type="checkbox"/> Concentración en el ambiente</li> </ul>
En relación con el ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Confinamiento del ambiente (pozos, depósitos, bodegas)</li> <li><input type="checkbox"/> Posición del ambiente en relación con atmósferas seguras (distancia y accesibilidad)</li> <li><input type="checkbox"/> Adaptación física y limitación de movilización</li> </ul>
En relación con la actividad	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Características de la operación (movilidad necesaria / frecuencia)</li> <li><input type="checkbox"/> Actividad respiratoria del operador (actividad física)</li> </ul>
Uso pretendido de la protección	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Necesaria durante toda la permanencia en el ambiente (uso continuo)</li> <li><input type="checkbox"/> Uso en emergencias</li> <li><input type="checkbox"/> Uso solo durante la operación (uso intermitente)</li> </ul>

## 2.2.1 EQUIPOS DEPENDIENTES

Son máscaras faciales o semifaciales (media máscara) que actúan con elementos filtrantes para remover del ambiente contaminado el aire necesario para la respiración. Estos equipos tienen algunas limitaciones, entre las que se puede mencionar:

- No se aplican a ambientes con menos de 18% de Oxígeno.
- Tienen poca durabilidad en atmósferas saturadas de humedad.
- Nunca se deben utilizar en condiciones desconocidas.

Los elementos filtrantes (filtros) se fabrican con materiales apropiados para la remoción de contaminantes específicos. De acuerdo con el contaminante que se vaya a retirar, los filtros pueden ser químicos, mecánicos o combinados (mecánico y químico).

El filtro mecánico se usa para la protección contra materiales particulados. Por lo general, se confecciona en material fibroso cuyo entrelazamiento microscópico de las fibras retiene las partículas y permite la penetración del aire respirable.

- Ofrece protección contra material particulado (polvo) difuso en el ambiente y humos con retención mínima de 95 % aproximadamente.
- Son fabricados con una máscara semifacial (media máscara) que permite una hermeticidad perfecta, tirantes, válvulas de inspiración y espiración y uno o dos compartimentos para los filtros.
- La eficiencia de filtración de los filtros varía según el material particulado que se va a retener.
- Básicamente, existen cuatro clases: para material incómodo (polvo inerte), para polvo pneumoconiótico, para humos metálicos y para partículas extremadamente finas como el berilio, materiales radiactivos y algunos virus.
- Son dispositivos para situaciones de no emergencia y se usan más para exposiciones de duración media que para exposiciones continuadas.
- La vida útil se relaciona principalmente con la actividad del usuario y la concentración del compuesto en el ambiente.
- No ofrecen protección contra gases ni vapores tóxicos.
- No se deben usar en atmósferas con deficiencia de Oxígeno.
- No se deben usar en operaciones de pulverización abrasiva (usar equipo específico).

El filtro químico se usa para la protección contra gases y vapores. El proceso de funcionamiento se basa en la absorción de los contaminantes gaseosos por medio de un elemento filtrante, normalmente carbón activo. Algunos filtros químicos usan adicionalmente elementos químicos (sales minerales, catalizadores o algunos alcalinos) que mejoran el proceso de absorción.

La cantidad (concentración) del contaminante que puede retener el filtro depende de la calidad del elemento filtrante, granulometría, masa filtrante (cantidad), del tipo de contaminante y de la temperatura y humedad.

Existen diferentes tipos de cartuchos químicos dependiendo del tipo de contaminante de la atmósfera:

- Filtros para vapores orgánicos: se recomiendan contra ciertos vapores orgánicos, según lo especifique el fabricante.
- Filtros para gases Ácidos: se recomiendan contra ciertos gases o vapores ácidos inorgánicos, según lo especifique el fabricante (excluido el Monóxido de Carbono).
- Filtros para Amoníaco: indicados contra el Amoníaco o compuestos orgánicos de Amonio, según lo especifique el fabricante.
- Filtros especiales: indicados contra contaminantes específicos no incluidos en los tipos anteriores, como por

ejemplo Mercurio, Cloruro de Vinilo, Fosfina, Gas Sulfhídrico, Acido Cianhídrico, Oxido de Etileno, Monóxido de Carbono y plaguicidas.

Los filtros combinados se usan para la protección contra contaminantes gaseosos y partículas. Sin embargo, consisten en una combinación de un filtro mecánico sobrepuesto a un filtro químico.

Según la pieza facial usada, se pueden colocar en cartuchos separados. Sin embargo, el modelo de la pieza debe permitir que el aire contaminado pase primero por el filtro mecánico y luego por el filtro químico. Lo recomendable es colocar los filtros en cartuchos diferentes ya que generalmente el filtro mecánico se satura primero.

Los elementos filtrantes tienen una capacidad limitada para remover contaminantes y cuando llegan a su límite, los filtros se comienzan a saturar. En el caso de los filtros químicos, al llegar al punto de saturación, el elemento filtrante permitirá el paso progresivo del contaminante hasta el interior de la pieza facial. En los filtros mecánicos, la impregnación de partículas generará dificultades en la respiración.

Cabe resaltar que las propiedades de alerta de un determinado filtro, es decir, los indicadores que permiten determinar el final de su vida útil, no siempre son completamente seguras. Por lo general, el usuario se dará cuenta de esto por el aumento de su resistencia a respirar, la percepción de olores o, incluso, por la irritación de las vías respiratorias.

A continuación se muestra la descripción de cada uno de los tipos principales de equipos de protección respiratoria dependientes que se pueden encontrar en el mercado.

**Tabla 4. Equipos de protección respiratoria dependientes**

TIPOS DE EQUIPOS DEPENDIENTES	COMPONENTES	CARACTERISTICAS
Máscaras de Filtro Mecánico	Pieza facial de aislamiento de boca y nariz en caucho, plástico u otro tipo de material resistente Válvulas para inhalación y exhalación Correas de ajuste a la cabeza Uno o más filtros acoplados con diámetro de poro adecuado al tamaño de las partículas específicas de cada lugar	Dispositivos de uso en situaciones de no emergencia El aire que el individuo respira pasa por un filtro conectado en la misma máscara Existen tres tipos de respiradores: Los de humo, aquellos evidentemente no mas tóxicos que el plomo Los de Neblina, se usan cuando hay ácido crómico o neblinas dañinas que produzcan neumoconiosis Los de polvo, usados para protegerse de elementos como el asbesto, la sílice libre, carbón, madera, aluminio, cal, cemento, entre otros.
Máscaras de Gases o Vapores	Pieza facial total o de media máscara Correas de ajuste a la cabeza Válvulas de inhalación y exhalación En algunos tipos de pieza facial total, dispositivo (tráquea) que une la máscara con el elemento filtrante Uno o más elementos filtrantes contra gases y vapores	Los filtros ofrecen protección para una determinada sustancia o clase de sustancias, por lo que no se pueden usar indiscriminadamente contra cualquier gas o vapor sin verificación previa

**Tabla 4. Equipos de protección respiratoria dependientes (continuación)**

TIPOS DE EQUIPOS DEPENDIENTES	COMPONENTES	CARACTERISTICAS
		<p>Su constitución depende de la capacidad (tamaño del elemento), de la concentración del contaminante y de la actividad respiratoria del usuario</p> <p>Existen filtros «universales» especiales, que previenen varios contaminantes</p> <p>Los filtros comunes ofrecen una protección contra concentraciones de 0,1% (1000 ppm); los filtros portátiles pueden ofrecer una protección de hasta 2% (20,000 ppm)</p> <p>Cuando el contaminante actúa sobre la piel y ojos, se debe proveer protección complementaria (vestimenta y máscara facial total)</p> <p>No se deben utilizar en atmósferas con falta de oxígeno</p> <p>No se deben usar contra sustancias extremadamente tóxicas, incluso en bajas concentraciones</p> <p>No se deben utilizar en lugares confinados, donde se puedan producir «picos» de concentración de contaminantes</p>
Máscaras de Filtros Combinados	Los mismos componentes que las máscaras de gases o vapores pero se adiciona un filtro mecánico para partículas sólidas	<p>Permiten la protección contra partículas suspendidas relacionadas con gases o vapores nocivos</p> <p>No se puede usar indiscriminadamente en relación con la protección ofrecida</p> <p>Cuando el contaminante actúa sobre la piel y ojos, se debe proveer protección complementaria (vestimenta y máscara facial total)</p> <p>No se deben utilizar en atmósferas carentes de oxígeno</p> <p>No se deben usar contra sustancias extremadamente tóxicas, incluso en bajas concentraciones</p> <p>No se deben utilizar en lugares confinados donde se pueden producir «picos» de concentración de contaminantes.</p>

### 2.2.2 EQUIPOS INDEPENDIENTES

Por lo general, son conjuntos autónomos portátiles o tubos que proveen el aire que el usuario necesita, independientemente de las condiciones del ambiente de trabajo (grado de contaminación). Los principales tipos de equipos de respiración independientes se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 5. Equipos de protección respiratoria independientes**

TIPOS DE EQUIPOS DEPENDIENTES	COMPONENTES	CARACTERISTICAS
<p>Equipo Autónomo con Cilindro de Aire</p>	<p>Cilindro de aire de alta presión Regulador de presión Dispositivo de regulación de flujo Tráquea de conducción de aire Pieza facial con válvula de inhalación y exhalación Tirantes para el cilindro de alta presión y para la pieza facial Dispositivo de alarma para baja presión</p>	<p>Funcionamiento en circuito abierto, es decir se aspira y se descarga hacia el exterior El tiempo de operación varía desde algunos minutos hasta aproximadamente una hora, según la actividad física y familiaridad del usuario con el equipo Como se trata de un equipo autónomo, no presenta limitaciones en el caso de contaminantes o de falta de Oxígeno Debido al limitado tiempo de operación, su uso se adapta más a las situaciones de emergencia, como rescates y mantenimientos especiales En el caso de absorción de contaminantes por la piel hay que suministrar protección complementaria Hay que considerar la limitación de movilidad y capacidad del usuario, lo que dificulta que cargue pesos</p>
<p>Equipo de Suministro de Aire Aspirado por Depresión Respiratoria</p>	<p>Pieza facial conectada a una tráquea ubicada en la cintura Tirantes para sostener la pieza facial en la cabeza Tráquea de conexión de la pieza facial de entre 20 y 25 mm de diámetro Tubo de transporte de aire desde una atmósfera segura</p>	<p>Aíslan al usuario de la atmósfera circundante No dependen de sistemas de filtración para la remoción de los contaminantes El suministro se realiza a través de un tubo de donde proviene el aire a través de una fuente externa al ambiente contaminado. Esta fuente puede ser una batería de cilindros, compresores, veleta manual o eléctrica o incluso a través de la respiración del usuario El usuario debe obtener el aire de una atmósfera segura para asegurar una respiración adecuada, lo que está limitado por la longitud del tubo No exigen mucho mantenimiento y siempre están listos para usar (no necesitan fuentes de aire u Oxígeno comprimidos, que podrían no estar disponibles inmediatamente)</p>

**Tabla 5. Equipos de protección respiratoria independientes (continuación)**

TIPOS DE EQUIPOS INDEPENDIENTES	COMPONENTES	CARACTERISTICAS
		<p>La captación (extremidad de la manguera) requiere algunos cuidados relacionados con su obstrucción, contacto con el suelo y debida señalización</p> <p>No se deben utilizar en ambientes peligrosos para la vida (con contaminantes altamente tóxicos, incluso en bajas concentraciones / deficiencia de oxígeno)</p> <p>El movimiento y radio de acción están limitados por los tubos.</p>
<p>Máscara con Tubo de Aire de Flujo Continuo y Demanda de Presión</p>	<p>Máscara facial con cubrimiento de ojos, nariz y boca</p> <p>Correas para la máscara facial</p> <p>La máscara facial puede incluir regulador de demanda (presión positiva)</p> <p>Tubo de conducción de aire a presión moderada desde una atmósfera limpia</p> <p>Compresor de aire automático o manual o cilindros de aire a presión</p>	<p>Alimentadas por un flujo de aire comprimido interconectado al compresor o a través de un suministro de aire</p> <p>Los equipos trabajan con una presión variada, donde la presión del flujo continuo es de 0,2 a 2,5 Kg/cm<sup>2</sup> y la presión de demanda, de 5,0 a 7,05 Kg/cm<sup>2</sup>, con un caudal constante de 60 litros por minuto.</p> <p>Las mangueras se fabrican con productos no tóxicos, con longitudes que varían entre 5, 10 y 20 m. Puede trabajar con presión positiva, que previene cualquier infiltración de aire contaminado en su interior.</p> <p>Se debe tener cuidado en la captación (extremidad de la manguera), en relación con su obstrucción, contacto con el suelo y debida señalización las mangueras deben ser resistentes a los productos derivados del petróleo y a los impactos de objetos (construcción reforzada).</p>
<p>Máscara Semifacial Conectada a Tubo de Aire con Flujo de Aire Continuo o Demanda de Presión</p>	<p>Máscara semifacial con cubrimiento de nariz y boca</p> <p>Correas para la máscara facial</p> <p>La máscara facial puede incluir regulador de demanda (presión positiva)</p> <p>Tubo de conducción de aire a presión moderada desde una atmósfera limpia</p> <p>Compresor de aire automático o manual o cilindros de aire a presión</p>	<p>No se deben usar en atmósferas altamente saturadas por gases o vapores</p> <p>No se deben usar en lugares con material particulado suspendido en el aire ni con riesgos de salpicaduras de productos químicos</p> <p>No se deben usar en lugares donde se desconozcan los riesgos del contaminante existente</p> <p>La movilización y el radio de acción están limitados por los tubos.</p>

Adaptado de: Lainha MA, Haddad E. Equipos de protección personal para hacer frente a las emergencias químicas [en línea]. Fecha de publicación no reportada [consultado Septiembre 10 de 2003]. Disponible en <http://www.cepis.ops-oms.org/tutorial1/e/equiprot/index.html>



La Hoja de Seguridad es el documento que describe los riesgos de un material peligroso, suministra información sobre cómo se debe manipular en diferentes etapas de su ciclo de vida y las indicaciones de actuación en caso de emergencia. Para su elaboración se deben tener en cuenta los parámetros establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 4435 “Transporte de Mercancías. Hojas de Seguridad para Materiales. Preparación”.<sup>(1)</sup>

La Hoja de Seguridad debe reflejar el estado actual de la sustancia, debe revisarse periódicamente la información contenida y si es necesario ésta debe actualizarse<sup>(2)</sup>. Todas las Hojas de Seguridad deben llevar la fecha de preparación o revisión<sup>(3)</sup>.

Cada sustancia química debe tener una Hoja de Seguridad, donde se encuentre información detallada sobre su identificación, su proveedor, su clasificación, su peligrosidad, las medidas de precaución y los procedimientos de emergencia y de manejo seguro. Cada persona involucrada en el manejo de estas sustancias debe ser provista de esta información, la cual debe estar en un lugar visible y fácilmente asequible. La identificación del riesgo en la Hoja de Seguridad deberá ser la misma que aparece en la etiqueta.<sup>(3)</sup>

También debe incluir información toxicológica, sobre disposición, transporte, reglamentaria e información complementaria que ayude a su comprensión. Las Hojas de Seguridad no pueden incluir información sobre cada aplicación del material, aunque deben contemplar sus peligros inherentes, los cuales se pueden potencializar durante el manejo en las diferentes etapas de su ciclo de vida. La hoja de seguridad es una de las fuentes de información sobre los materiales; sin embargo, esta información debe ser complementada con boletines técnicos, rótulos de identificación de riesgos, entrenamiento y otras comunicaciones.

Para la elaboración de cada sección de las Hojas de Seguridad se deben identificar los posibles usuarios que van a recibir la información. Esto se hace para decidir sobre el lenguaje técnico de cada sección. Los fabricantes suministran las hojas de seguridad para materiales a sus clientes, quienes a su vez las ponen a disposición de sus empleados. Los destinatarios se identifican en toda la hoja de seguridad como:<sup>(1,3)</sup>

- Miembros de la comunidad.
- Servicios de respuesta de emergencias.
- Empleados.
- Empleadores.
- Profesionales ambientales.
- Profesionales de medicina.
- Profesionales de salud ocupacional y seguridad.
- Entidades de control.

El lenguaje usado en las hojas de seguridad debe ser comprensible para la audiencia más amplia posible. La mayoría de secciones de las hojas de seguridad están destinadas para un público amplio y se deben escribir con el mínimo de jerga técnica. Al mismo tiempo, se reconoce que la información se debe presentar en un lenguaje técnico

con el fin de que sea de utilidad a algunas audiencias determinadas. Algunas áreas en donde puede ser apropiado el lenguaje técnico son: «Nota para los médicos», «Información Toxicológica» y «Controles de Ingeniería»<sup>(3)</sup>.

La NTC 4435 tiene establecidas 16 secciones en un orden específico. A continuación se menciona en forma general el contenido de estas secciones, sin embargo el responsable de elaborar una Hoja de Seguridad o quien esté interesado en profundizar debe remitirse a la Norma Técnica<sup>(3)</sup>:

- **Sección 1. Identificación del producto químico y de la compañía.** Esta sección proporciona el nombre de la sustancia química tal como se relaciona en la etiqueta y los documentos de embarque; identifica al proveedor (dirección, fax y número telefónico). En esta sección es recomendable citar un número telefónico que funcione las 24 horas para situaciones de emergencia a través del cual se pueda ampliar información sobre la sustancia química o solicitar ayuda.
- **Sección 2. Composición, información sobre los ingredientes.** Indica los componentes o ingredientes que contribuyen a la peligrosidad de la sustancia o producto químico, el número CAS y los límites de exposición ocupacional de cada componente. También puede mencionar componentes importantes no peligrosos.
- **Sección 3. Identificación de peligros.** Describe la apariencia del material y brinda información fundamental para el personal de respuesta a emergencias. Proporciona información sobre los efectos potenciales adversos sobre los seres humanos y síntomas que podrían aparecer como resultado del manejo inadecuado del material.
- **Sección 4. Medidas de primeros auxilios.** Proporciona las instrucciones básicas necesarias a ejecutar en caso de que una persona resulte afectada por la sustancia química. También puede incluir instrucciones para profesionales de la salud. Los primeros auxilios deben ser entendidos como las acciones a ejecutar en la primera fase que la persona resulta afectada usando recursos básicos.
- **Sección 5. Medidas para la extinción de incendios.** Suministra información sobre las propiedades relacionadas con la generación de fuego como el punto de inflamación, la temperatura de autoignición y los límites de inflamabilidad, principalmente. Brinda también orientación básica sobre la forma de apagar un incendio, incluyendo los medios de extinción apropiados. También describe los productos de la combustión, los cuales en algunas ocasiones son más tóxicos que la sustancia que arde.
- **Sección 6. Medidas para fugas accidentales.** Describe las acciones que se deben seguir para minimizar los efectos adversos hacia las personas, las propiedades y el ambiente como consecuencia de un derrame, fuga o liberación accidental del material. Esta información es de gran aplicación por parte de las entidades de respuesta a emergencia que hacen frente a este tipo de situaciones en donde se requiere que conozcan las características del material y la forma como deben actuar, de tal manera que cuiden su integridad física.
- **Sección 7. Manejo y almacenamiento.** Proporciona la información básica indispensable para realizar un manejo seguro de la sustancia química en términos generales, ya que el alcance de esta sección no es brindar recomendaciones para las diversas formas de manejo en las que pueda estar involucrada la sustancia. Adicionalmente esta sección brinda las recomendaciones o normas para realizar un almacenamiento seguro del material garantizando su estabilidad y calidad.
- **Sección 8. Controles de exposición, protección personal.** Brinda información sobre las prácticas de control y los equipos o elementos necesarios para proteger a la persona de la exposición a la sustancia química durante su trabajo. Los controles de exposición están dirigidos a establecer condiciones en la fuente de generación de vapores o material particulado liberado por la sustancia química para evitar que estos lleguen hasta la persona y entren en contacto con ella. Los elementos de protección personal difieren según las características de la sustancia química y por lo tanto es aconsejable nombrar los elementos que brinden la mejor protección para la persona, así como también sus características.
- **Sección 9. Propiedades físicas y químicas.** Suministra información sobre las características del material como por ejemplo: estado físico (sólido, líquido, gaseoso), olor, color, punto de ebullición o evaporación, presión de vapor, densidad, entre otros. Estos datos son importantes porque ayudan en la identificación del material.
- **Sección 10. Estabilidad y reactividad.** Describe las condiciones en las que el material es estable, lo anterior es complementado con información sobre sustancias químicas con las cuales el material del cual se

trata en la hoja de seguridad es incompatible ya que puede generar desprendimientos de calor, fuego, vapores irritantes o tóxicos, entre otros. También enuncia las condiciones del ambiente que se deben evitar para que no alteren la estabilidad del material y si es factible la polimerización del material o no.

- **Sección 11. Información toxicológica.** Brinda información relacionada con la toxicidad de la sustancia, sus componentes o ambos, normalmente en esta sección se enuncian las pruebas de laboratorio desarrolladas para establecer la toxicidad del material, la mayoría de estas pruebas son realizadas en animales como ratones, ratas y conejos, para así determinar la concentraciones o dosis a las cuales se puede generar un efecto adverso sobre el animal o su muerte.
- **Sección 12. Información ecológica.** Suministra información sobre el comportamiento del material cuando este entra en contacto sobre las plantas y animales presentes en ríos, lagos, lagunas y suelos principalmente. También se puede incluir información sobre sus características de degradación del material entendida como la capacidad de asimilación por la naturaleza.
- **Sección 13. Consideraciones sobre la disposición.** Brinda la información que se debe tener en cuenta cuando se desea disponer un material, teniendo en cuenta que varias sustancias no deben ser quemadas o vertidas el agua ya que generan contaminación. Por otro lado, también hay materiales que no puede ser enterrados o arrojados en botaderos de basura, ya que normalmente estos materiales requieren consideraciones especiales cuando se van a disponer sus desechos de tal manera que sean ambientalmente aceptables.
- **Sección 14. Información sobre transporte.** Si el material es considerado peligroso para el transporte esta sección suministra el Número de Naciones Unidas, la Clase de Peligrosidad según las Naciones Unidas, el grupo de empaque/embalaje a la que pertenece el material, esta información debe ser asignada por el fabricante del material teniendo en cuenta las indicaciones dadas por el libro "Recomendaciones Relativas para el Transporte de Mercancías Peligrosas" editado por la Organización de las Naciones Unidas y disponible en la página web: [www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/12\\_sp.htm](http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/12_sp.htm).
- **Sección 15. Información reglamentaria.** Informa sobre las reglamentaciones de carácter nacional e internacional que relaciona a la sustancia incluyendo sus componentes y usos. Algunas reglamentaciones están relacionadas con la prohibición del uso del material ya que se ha comprobado que es muy peligroso para las personas y/o el ambiente.
- **Sección 16. Información adicional.** Esta sección brinda un espacio para ampliar información que se considere útil para los usuarios de la hoja de seguridad, de tal manera que el lector pueda entender la información registrada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Ministerio de Transporte. Subdirección Operativa de Transporte Automotor. Grupo de Estudios de Carga. Manual de Transporte de Sustancias Químicas Peligrosas. Bogotá, 124 p.*
2. *Gobierno de Australia. Dangerous Goods Act 1985. Code of practice for the storage and handling of dangerous goods. No. 27, diciembre 2002.*
3. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). Transporte de mercancías peligrosas: Hojas de seguridad para materiales. Preparación. Bogotá: ICONTEC, 1998, 139 p.: il. (NTC 4435).*

A continuación presentamos a manera de ejemplo, la hoja de seguridad correspondiente a la Acetona.

# Acetona



## SECCION 1: PRODUCTO QUIMICO E IDENTIFICACION DE LA EMPRESA

### Sinónimos:

Propanona, Propan-2-ona; Dimetil cetona; Dimetilcetal; Ácido piroacético, Metil cetona

**Fórmula:** CH<sub>3</sub>-CO-CH<sub>3</sub>

**Compañía que desarrolló:** Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.

**Teléfonos de emergencia:** Para emergencias químicas llamar a CISPROQUIM® (Servicio las 24 horas) Teléfonos: 2886012 (Bogotá), 018000916012 (Colombia).

## SECCION 2: COMPOSICION E INFORMACION SOBRE INGREDIENTES

COMPONENTE	CAS	% EN PESO	LIMITES DE EXPOSICION OCUPACIONAL (ACGIH)	
			TWA	STEL
Acetona	67-64-1	99 - 100%	500 ppm	750 ppm

## SECCION 3: IDENTIFICACION DE PELIGROS

### VISION GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:

¡Peligro! Líquido y vapor extremadamente inflamables. El vapor puede causar incendios instantáneos. El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Reacciona con cloroformo y bromoformo en condiciones básicas originando peligro de incendio y explosión. Ataca a los plásticos. Perjudicial si se ingiere o inhala. Causa irritación a piel, ojos y aparato respiratorio. Afecta el sistema nervioso central.

### EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

**Inhalación:** La inhalación de los vapores irrita el tracto respiratorio. Puede producir tos, salivación, confusión mental, vértigo, mareos, dolor de cabeza y garganta. Concentraciones mayores pueden producir depresión del sistema nervioso central, narcosis e inconsciencia. Efectos en hígado, riñón y tracto gastrointestinal.

**Ingestión:** Es improbable que ocurran efectos nocivos por la ingestión de pequeñas cantidades. La ingestión de grandes cantidades puede causar dolor abdominal, náuseas y vómitos. La aspiración a los pulmones puede producir severo daño pulmonar y es una emergencia médica. Se esperan otros síntomas como aquellos análogos a los que se producen en la inhalación.

**Piel:** Irritante debido a su acción desengrasante sobre la piel. Produce enrojecimiento, dolor, resequedad y piel agrietada.

**Ojos:** Los vapores son irritantes oculares. Las salpicaduras pueden causar severa irritación con escozor, lagrimeo, enrojecimiento y dolor, visión borrosa. Posible daño en la córnea.

**Efectos crónicos:** El contacto cutáneo prolongado o repetido puede producir severa irritación o dermatitis. Puede afectar la sangre y la médula ósea.

**Efectos crónicos:** Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual tuvo contacto.

## SECCION 4: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS

**Inhalación:** Retirar la persona afectada al aire fresco y mantener en reposo. Si la persona no respira, dar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Busque atención médica inmediatamente.

**Ingestión:** Peligro de aspiración. Enjuagar la boca si la persona está consciente. Si se ingiere, puede ocurrir vómito espontáneamente, pero no lo induzca. Si ocurre vómito, mantenga la cabeza más abajo que las caderas para evitar la aspiración a los pulmones. Nunca administre nada por la boca a una persona inconsciente. Busque atención médica inmediatamente.

**Piel:** Lave la piel inmediatamente con abundante agua por lo menos durante 15 minutos. Quítese la ropa y zapatos contaminados. Busque atención médica. Lave la ropa antes de usarla nuevamente. Limpie los zapatos completamente antes de usarlos de nuevo. Busque atención médica.

**Ojos:** Lave los ojos inmediatamente con abundante agua, por lo menos durante 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente (quitar lentes de contacto, si puede hacerse con facilidad). Busque atención médica.

**Nota para los médicos:** Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual tuvo contacto.

## SECCION 5: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO

Punto de inflamación (°C):	-20 (-4°F) en copa cerrada
Temperatura de autoignición (°C):	465 (869°F)
Limites de inflamabilidad (%V/V):	Inferior: 2.5, Superior: 12.8

**Peligros de incendio o explosión:** Líquido y vapor extremadamente inflamables! El vapor puede producir un incendio instantáneo. Por arriba del punto de inflamación las mezclas con aire son inflamables dentro de límites de inflamabilidad indicados anteriormente. Los vapores pueden fluir a lo largo de superficies hacia distantes fuentes de ignición e incendiarse. El contacto con oxidantes fuertes puede producir incendio. Los contenedores sellados pueden romperse al calentarse. Este producto puede producir riesgo de fuego flotante. Sensible a las descargas estáticas.

Medios extintores de incendio: Polvo químico seco, espuma de alcohol o dióxido de carbono. El agua puede ser ineficaz. Puede usar agua en forma de rocío para mantener fríos los envases expuestos al incendio, para diluir los derrames a mezclas no inflamables, para proteger al personal que está intentando detener la fuga y para dispersar los vapores.

Productos de la combustión: Cuando se calienta hasta la descomposición puede formar dióxido y monóxido de carbono.

**Instrucciones para combatir el fuego:** Evacuar o aislar el área de peligro. Eliminar toda fuente de ignición. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Si es posible alejar los contenedores del calor, en caso contrario, enfriarlos con agua en forma de rocío desde una distancia segura. Enfríe los contenedores con abundante agua aun después de apagado el fuego. Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos.

## SECCION 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Ventile el área donde ocurrió la fuga o derrame. Elimine todas las fuentes de ignición. Aísle el área de peligro. Evite la entrada de personal innecesario y no protegido. Contenga y recupere el líquido cuando sea posible. Use herramientas y equipo que no formen chispas. Recoja el líquido en un recipiente apropiado o absórbalo con un material inerte (ej. vermiculita, arena seca o tierra) y colóquelo en un recipiente para desechos químicos. No use materiales combustibles como el aserrín. ¡No lo elimine en los drenajes! Si el derrame no enciende, usar agua en *spray* para dispersar los vapores para proteger el personal que atiende la emergencia y se usar para limpiar los derrames.

## SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

**Manejo:** Baño corporal después de manejar el producto. Retirar la ropa contaminada y lavarla antes de volver a usar. Evitar la inhalación, ingestión y contacto directo con el material. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar solamente bajo campana para extracción de vapores químicos. Evitar el contacto con calor, chispas y llamas. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Mantener los contenedores cerrados cuando no estén en uso. Los contenedores vacíos retienen residuos del material (líquido y/o vapor) y puede ser peligroso. No presurizar, cortar, soldar, perforar, frotar o exponer los contenedores vacíos al calor, chispas o llamas abiertas; observe todas las advertencias y precauciones que se listan para el producto. No utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. No usar lentes de contacto durante el manejo de este producto.

**Almacenamiento:** Proteja del daño físico. Almacene en un lugar fresco, seco y bien ventilado, lejos de las áreas con peligro agudo de incendio. Es preferible el almacenamiento exterior o separado. Separe de los materiales incompatibles. Las áreas de almacenamiento y utilización deben ser áreas donde no se fuma. Use herramientas y equipo del tipo que no producen chispas, incluyendo ventilación a prueba de explosión. Los envases de este material pueden ser peligrosos cuando están vacíos ya que retienen residuos del producto (vapores, líquido); observe todas las advertencias y precauciones que se listan para el producto. El equipo eléctrico y de alumbrado debe ser a prueba de explosión.

## SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

Controles de ingeniería: Es recomendable un sistema de ventilación local y/o general para mantener a los empleados por debajo de los límites de exposición ocupacional. Es preferible la ventilación local exhaustiva debido a que puede controlar las emisiones del contaminante en su fuente, impidiendo dispersión del mismo al lugar general de trabajo. Instalar duchas lavaojos en el área de trabajo.

### EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL:

**Protección de los ojos y rostro:** Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o un protector de cara completo donde el contacto sea posible.

**Protección de piel:** Use ropa protectora impermeables, incluyendo botas, guantes de nitrilo, ropa de laboratorio, o delantal para evitar contacto con la piel.

**Protección respiratoria:** Si se sobrepasa el límite de exposición, se debe usar un respirador para vapores orgánicos que cubra media cara, si se sobrepasa hasta diez veces el límite de exposición o la concentración máxima de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o el proveedor del respirador, lo que sea menos. Se debe usar un respirador para vapores orgánicos que cubra toda la cara, si se sobrepasa hasta 50 veces el límite de exposición o la concentración máxima de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o el proveedor del respirador, lo que sea menos. En situaciones donde no se conocen los niveles de exposición, use un respirador que cubra toda la cara, de presión positiva y abastecido por aire. Cuidado! Respiradores con purificador de aire no protege a los trabajadores con atmósferas deficientes de oxígeno.

**Protección en caso de emergencia:** Equipo autónomo de respiración (SCBA) y ropa de protección TOTAL.

## SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

<b>Apariencia, olor y estado físico:</b>	Líquido claro, incoloro, volátil. Con olor fragante dulce como a menta.
<b>Gravedad específica (Agua=1):</b>	0.79 a 20°C/4°C
<b>Punto de ebullición (°C):</b>	56.5°C (133°F) a 760 mm Hg
<b>Punto de fusión (°C):</b>	-95°C (-139°F)
<b>Densidad relativa del vapor (Aire=1):</b>	2.0
<b>Presión de vapor (mm Hg):</b>	400 a 39.5°C (104°F)
<b>Viscosidad (cp):</b>	No hay información disponible.
<b>pH:</b>	No hay información disponible.
<b>Solubilidad:</b>	Miscible en cualquier proporción en agua.

## SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**Estabilidad química:** Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento.

**Condiciones a evitar:** Calor, llamas, fuentes de ignición e incompatibilidades.

**Incompatibilidad con otros materiales:** Mezclas de ácidos nítrico y sulfúrico concentrados, materiales oxidantes fuertes, cloroformo, álcalis o bases, cloro y compuestos de cloro, ácidos, t-butóxido potasio, cáusticos, ácidos halogenados, compuestos halogenados, aminas y amoniaco, compuestos de nitrosil.

**Productos de descomposición peligrosos:** Monóxido y dióxido de carbono.

**Polimerización Peligrosa:** No ocurrirá.

## SECCION 11: INFORMACION TOXICOLOGICA

### Datos Toxicológicos:

DL<sub>50</sub> (oral, ratas) = 5800 mg/kg

DL<sub>50</sub> (oral, ratón) = 3000 mg/kg

CL<sub>50</sub> (inhalación, ratas) = 50100 mg/m<sup>3</sup> (8 horas)

CL<sub>50</sub> (inhalación, ratón) = 44 g/m<sup>3</sup> (4 horas)

Clasificado por la ACGIH como compuesto A4 - No clasificado como un cancerígeno humano. Ha sido investigado como tumorigeno, mutagénico y causante de efectos reproductivos.

## SECCION 12: INFORMACION ECOLOGICA

**Biodegradabilidad:** Buena. **Toxicidad acuática:** Baja. **Potencial de bioacumulación:** Baja.

Toxicidad en peces CL<sub>50</sub> (L. Macrochirus) : 8300 mg/l (96 horas)

### Comportamiento en el ambiente:

Cuando se elimina en el suelo, se espera que este material se biodegrade rápidamente, se filtre en las aguas subterráneas, se evapore rápidamente. Cuando se elimina en el agua, se espera que este material se biodegrade rápidamente, se evapore rápidamente. No se espera que este material se bioacumule significativamente. Cuando se elimina en el aire, este material puede ser moderadamente degradado por reacción con radicales hidroxílicos producidos fotoquímicamente. Cuando se elimina en el aire, este material puede ser moderadamente degradado por fotólisis y que sea eliminado rápidamente de la atmósfera mediante deposición húmeda.

### Toxicidad Ambiental:

No se espera que este material sea tóxico para la vida acuática.

Los valores de CL<sub>50</sub> (96 horas) para peces son superiores a 100 mg/l.

## SECCION 13: CONSIDERACIONES DE DISPOSICION

Lo que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejado como desecho peligroso y enviado a un incinerador aprobado por la autoridad competente. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de manejo del desecho. Deseche el envase y el contenido no usado de acuerdo con las regulaciones ambientales locales.

## SECCION 14: INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

**Nombre de Embarque:** ACETONA **Número UN:** 1090. **Clase UN:** 3 Líquido Inflamable (Riesgo principal) **Grupo de Empaque:** II

No transporte con sustancias explosivas, gases venenosos, sustancias que pueden experimentar combustión espontánea, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, sustancias radiactivas ni sustancias con riesgo de incendio.

## SECCION 15: INFORMACION REGLAMENTARIA

1. Ley 769 de 2002. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Artículo 32: La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica nacional.
2. Decreto 1609 del 31 de Julio de 2002. Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
3. Ministerio de Transporte. Resolución número 3800 del 11 de diciembre de 1998. Por el cual se adopta el diseño y se establecen los mecanismos de distribución del formato único del manifiesto de carga.
4. Los residuos de esta sustancia están considerados en: Ministerio de Salud. Resolución 2309 de 1986, por la cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos especiales.
5. Ministerio de Justicia. Resolución 0009 del 18 de febrero de 1987. Por la cual se reglamenta en el territorio nacional la importación, fabricación, distribución, transporte y uso de Acetona y otras sustancias a las que hace referencia el literal f del artículo 20 de la Ley 30 de 1986 por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Estupefacientes y se dictan otras disposiciones.

## SECCION 16: OTRAS INFORMACIONES

**Clasificación NFPA:** Salud: 1 Inflamabilidad: 3 Reactividad: 0

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular.

### ABREVIATURAS

**TWA:** Valor Umbral Límite (Time Weight Average). Valor permisible promedio, ponderado en el tiempo para un trabajo normal de ocho horas diarias o 40 horas semanales.

**STEL:** (Short Time Exposure Limit). Valor límite de concentración permisible en un tiempo corto de exposición.

**DL<sub>50</sub>:** (Dosis Letal). Es la cantidad en gramos, miligramos, litros o mililitros por kilogramo del cuerpo que, una vez suministrado, causa la muerte del 50 por ciento de un grupo de animales utilizados en una prueba de laboratorio. La DL<sub>50</sub> ayuda a determinar, en corto plazo, el potencial de toxicidad de un material.

**CL<sub>50</sub>:** (Concentración Letal). Concentración de un material en el aire que causa la muerte del 50 por ciento de un grupo de animales utilizados en prueba de laboratorio en el cual el material es inhalado durante un tiempo determinado, generalmente, de unas cuatro horas.

**CE<sub>50</sub>:** Concentración Efectiva (Mediana). Es la concentración de un material en el agua, dosis sencilla de la cual se espera cause un efecto biológico sobre el 50% de un grupo de animales de prueba.



### FRASES R - RIESGOS ESPECÍFICOS

- R1** Explosivo en estado seco.
- R2** Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
- R3** Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
- R4** Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles.
- R5** Peligro de explosión en caso de calentamiento.
- R6** Peligro de explosión en contacto o sin contacto con el aire.
- R7** Puede provocar incendios.
- R8** Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.
- R9** Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.
- R10** Inflamable.
- R11** Fácilmente inflamable.
- R12** Extremadamente inflamable.
- R14** Reacciona violentamente con el agua.
- R15** Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables.
- R16** Puede explosionar en mezcla con sustancias comburentes.
- R17** Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.
- R18** Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas/inflamables.
- R19** Puede formar peróxidos explosivos.
- R20** Nocivo por inhalación.
- R21** Nocivo en contacto con la piel.
- R22** Nocivo por ingestión.
- R23** Tóxico por inhalación.
- R24** Tóxico en contacto con la piel.
- R25** Tóxico por ingestión.
- R26** Muy tóxico por inhalación.
- R27** Muy tóxico en contacto con la piel.
- R28** Muy tóxico por ingestión.
- R29** En contacto con agua libera gases tóxicos.
- R30** Puede inflamarse fácilmente al usarlo.
- R31** En contacto con ácidos libera gases tóxicos.
- R32** En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.
- R33** Peligro de efectos acumulativos.
- R34** Provoca quemaduras.
- R35** Provoca quemaduras graves.
- R36** Irrita los ojos.
- R37** Irrita las vías respiratorias.
- R38** Irrita la piel.
- R39** Peligro de efectos irreversibles muy graves.
- R40** Posibles efectos cancerígenos.
- R41** Riesgo de lesiones oculares graves.
- R42** Posibilidad de sensibilización por inhalación.
- R43** Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

- R44** Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado.
- R45** Puede causar cáncer.
- R46** Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.
- R48** Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.
- R49** Puede causar cáncer por inhalación.
- R50** Muy tóxico para los organismos acuáticos.
- R51** Tóxico para los organismos acuáticos.
- R52** Nocivo para los organismos acuáticos.
- R53** Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
- R54** Tóxico para la flora.
- R55** Tóxico para la fauna.
- R56** Tóxico para los organismos del suelo.
- R57** Tóxico para las abejas.
- R58** Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente.
- R59** Peligroso para la capa de ozono.
- R60** Puede perjudicar la fertilidad.
- R61** Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
- R62** Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.
- R63** Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
- R64** Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.
- R65** Nocivo: Si se ingiere puede causar daño pulmonar.
- R66** La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.
- R67** La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.
- R68** Posibilidad de efectos irreversibles.

## COMBINACIÓN DE FRASES R

- R14/15** Reacciona violentamente con el agua, liberando gases extremadamente inflamables.
- R15/29** En contacto con el agua, libera gases tóxicos y extremadamente inflamables.
- R20/21** Nocivo por inhalación y en contacto con la piel
- R20/22** Nocivo por inhalación y por ingestión.
- R20/21/22** Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
- R21/22** Nocivo en contacto con la piel y por ingestión.
- R23/24** Tóxico por inhalación y en contacto con la piel.
- R23/25** Tóxico por inhalación y por ingestión.
- R23/24/25** Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
- R24/25** Tóxico en contacto con la piel y por ingestión.
- R26/27** Muy tóxico por inhalación y en contacto con la piel.
- R26/28** Muy tóxico por inhalación y por ingestión.
- R26/27/28** Muy tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
- R27/28** Muy tóxico en contacto con la piel y por ingestión.
- R36/37** Irrita los ojos y las vías respiratorias.
- R36/38** Irrita los ojos y la piel.
- R36/37/38** Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.
- R37/38** Irrita las vías respiratorias y la piel.
- R39/23** Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.
- R39/24** Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.
- R39/25** Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.
- R39/23/24** Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel.
- R39/23/25** Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión.

<b>R39/24/25</b>	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.
<b>R39/23/24/25</b>	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
<b>R39/26</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.
<b>R39/27</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.
<b>R39/28</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.
<b>R39/26/27</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel.
<b>R39/26/28</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión.
<b>R39/27/28</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.
<b>R39/26/27/28</b>	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
<b>R42/43</b>	Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel.
<b>R48/20</b>	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
<b>R48/21</b>	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.
<b>R48/22</b>	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.
<b>R48/20/21</b>	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel.
<b>R48/20/22</b>	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.
<b>R48/21/22</b>	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.
<b>R48/20/21/22</b>	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
<b>R48/23</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
<b>R48/24</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.
<b>R48/25</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.
<b>R48/23/24</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel.
<b>R48/23/25</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.
<b>R48/24/25</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.
<b>R48/23/24/25</b>	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
<b>R50/53</b>	Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
<b>R51/53</b>	Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
<b>R52/53</b>	Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
<b>R68/20</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación.
<b>R68/21</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por contacto con la piel.
<b>R68/22</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por ingestión.
<b>R68/20/21</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación y contacto con la piel.
<b>R68/20/22</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación e ingestión.
<b>R68/21/22</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles en contacto con la piel e ingestión.
<b>R68/20/21/22</b>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación, contacto con la piel e ingestión.

- S1** Consérvese bajo llave.
- S2** Manténgase fuera del alcance de los niños.
- S3** Consérvese en lugar fresco.
- S4** Manténgase lejos de locales habitados.
- S5** Consérvese en ... (*líquido apropiado a especificar por el fabricante*).
- S6** Consérvese en ... (*gas inerte a especificar por el fabricante*).
- S7** Manténgase el recipiente bien cerrado.
- S8** Manténgase el recipiente en lugar seco.
- S9** Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado.
- S12** No cerrar el recipiente herméticamente.
- S13** Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.
- S14** Consérvese lejos de ... (*materiales incompatibles a especificar por el fabricante*).
- S15** Conservar alejado del calor.
- S16** Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas- No fumar.
- S17** Manténgase lejos de materiales combustibles.
- S18** Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia.
- S20** No comer ni beber durante su utilización.
- S21** No fumar durante su utilización.
- S22** No respirar el polvo.
- S23** No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [*denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante*].
- S24** Evítese el contacto con la piel.
- S25** Evítese el contacto con los ojos.
- S26** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
- S27** Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada.
- S28** En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con ... (*productos a especificar por el fabricante*).
- S29** No tirar los residuos por el desagüe.
- S30** No echar jamás agua a este producto.
- S33** Evítese la acumulación de cargas electrostáticas.
- S35** Elimínense los residuos de producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.
- S36** Úsese indumentaria protectora adecuada.
- S37** Úsense guantes adecuados.
- S38** En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado.
- S39** Úsese protección para los ojos/la cara.
- S40** Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsese ... (*a especificar por el fabricante*).
- S41** En caso de incendio y/o de explosión, no respire los humos.
- S42** Durante las fumigaciones/pulverizaciones, úsese equipo respiratorio adecuado [*denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante*].
- S43** En caso de incendio, utilizar ... (*los medios de extinción los debe especificar el fabricante*). (*Si el agua aumenta el riesgo, se deberá añadir: "No usar nunca agua"*).
- S45** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta).
- S46** En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstrela la etiqueta o el envase.
- S47** Consérvese a temperatura no superior a ...°C (*a especificar por el fabricante*).
- S48** Consérvese húmedo con ... (*medio apropiado a especificar por el fabricante*).
- S49** Consérvese únicamente en el recipiente de origen.
- S50** No mezclar con ... (*a especificar por el fabricante*).
- S51** Úsese únicamente en lugares bien ventilados.
- S52** No usar sobre grandes superficies en locales habitados.

- S53** Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso.
- S56** Elimínense esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos.
- S57** Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente.
- S59** Remítirse al fabricante o proveedor para obtener información sobre su recuperación/reciclado.
- S60** Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.
- S61** Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.
- S62** En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstrela la etiqueta o el envase.
- S63** En caso de accidente por inhalación, alejar a la víctima fuera de la zona contaminada y mantenerla en reposo.
- S64** En caso de ingestión, enjuáguese la boca con agua (solamente si la persona está consciente).

## COMBINACIÓN DE FRASES S

- S1/2** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.
- S3/7** Consérvese el recipiente bien cerrado y en lugar fresco.
- S3/9/14** Consérvese en lugar fresco y bien ventilado y lejos de ... (*materiales incompatibles, a especificar por el fabricante*).
- S3/9/14/49** Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado y lejos de... (*materiales incompatibles, a especificar por el fabricante*).
- S3/9/49** Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado.
- S3/14** Consérvese en lugar fresco y lejos de ... (*materiales incompatibles, a especificar por el fabricante*).
- S7/8** Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar seco.
- S7/9** Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar bien ventilado.
- S7/47** Manténgase el recipiente bien cerrado y consérvese a una temperatura no superior a ...°C (*a especificar por el fabricante*).
- S20/21** No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización.
- S24/25** Evítese el contacto con los ojos y la piel.
- S27/28** Después del contacto con la piel, quítese inmediatamente toda la ropa manchada o salpicada y lávese inmediata y abundantemente con ... (*productos a especificar por el fabricante*).
- S29/35** No tirar los residuos por el desagüe; elimínense los residuos de producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.
- S29/56** No tirar los residuos por el desagüe, elimínese esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos.
- S36/37** Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados.
- S36/37/39** Úsense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara.
- S36/39** Úsense indumentaria adecuada y protección para los ojos/la cara.
- S37/39** Úsense guantes adecuados y protección para los ojos/la cara.
- S47/49** Consérvese únicamente en el recipiente de origen y a temperatura no superior a ... °C (*a especificar por el fabricante*).

## Anexo Marco normativo

# IV

La preocupación por la protección del medio ambiente y las regulaciones en materia ambiental se ha dado desde hace muchos años atrás, sin embargo, solo desde hace tres décadas se han adoptado instrumentos jurídicos que responden a esta preocupación. Con la aprobación del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables por medio del Decreto Ley 2811 en 1974 se dio inicio a la gestión ambiental en el país. Posteriormente, con el Código Sanitario Nacional, aprobado en 1978, se establecieron los lineamientos generales en materia de regulación de la calidad del agua y del aire, así como el manejo de los residuos sólidos.

En 1991 con la Constitución Política Nacional se estableció un conjunto importante de derechos y deberes del estado, las instituciones y los particulares en materia ambiental, enmarcado en los principios del desarrollo sostenible, con el fin de propender por un mayor grado de autonomía de las autoridades ambientales, acompañado del propósito de descentralizar cada vez más la gestión ambiental.

Este mandato constitucional también propició la expedición de la Ley 99 de 1993 donde se definen los principios de la gestión ambiental del país, se crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y el Ministerio del Medio Ambiente, este último denominado Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a partir de la Ley 790 de 2002 y el del Decreto 216 de 2003.

Estas normas marco se han reglamentado mediante decretos de carácter nacional y Resoluciones de carácter nacional y local, las cuales definen, entre otros, requisitos de cumplimiento legal ambiental para la industria y actividades relacionadas, que involucran condiciones y restricciones para el manejo de sustancias químicas y residuos peligrosos.

Adicional a la normatividad asociada al régimen legal ambiental, se encuentran requisitos legales en otros campos relacionados igualmente con el manejo de sustancias químicas y residuos peligrosos, como son las normas de salud ocupacional y seguridad industrial; de transporte; de defensa nacional y de control de estupefacientes, entre otras. El conjunto de estas normas debe ser de conocimiento de las organizaciones con el fin de identificar aquellas sobre las cuales deben dar respuesta o ejercer control.

En las Tablas 1, 2 y 3 se presenta normatividad ambiental y de otro tipo relacionada con actividades que manejan sustancias químicas peligrosas o residuos peligrosos. Las normas están organizadas por jerarquía y fecha de emisión. El texto completo de estas normas se puede adquirir a través de las siguientes fuentes de información oficial:

[www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co)

[www.dama.gov.co](http://www.dama.gov.co)

[www.mintransporte.gov.co/home.asp](http://www.mintransporte.gov.co/home.asp)

[www.imprenta.gov.co/print-int/HTML/frameset/inter\\_diariofi.htm](http://www.imprenta.gov.co/print-int/HTML/frameset/inter_diariofi.htm)

**Tabla 1. Leyes**

LEY	ENTIDAD	DISPOSICIÓN
Decreto Ley 2811 de 1974	Congreso de la República	Código de los Recursos Naturales.
Ley 9 de 1979	Congreso de la República	Código Sanitario Nacional.
Ley 30 de 1986	Congreso de la República	Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Estupefacientes y se dictan otras disposiciones
Ley 55 de 1993	Congreso de la República	Aprobó el convenio número 170 y la recomendación número 177 sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo; adoptados por la 77a Reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra, 1990.
Ley 336 de 1996	Presidencia de la República	Disposiciones generales para los modos de transporte.
Ley 253 de 1996	Congreso de la República	Por el cual se aprueba el Convenio de Basilea.
Ley 400 de 1997	Congreso De la República	Por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes.
Ley 373 de 1997	Congreso de la República	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Ley 430 de 1998	Congreso de la República	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
Ley 769 de 2002	Presidencia de la República	Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre

**Tabla 2. Decretos**

DECRETO	ENTIDAD	DISPOSICIÓN
Decreto 1541 de 1978	Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: «De las aguas no marítimas» y parcialmente la Ley 23 de 1973.
Decreto 1875 de 1979	Ministerio de Agricultura	Por la cual se dictan normas sobre la prevención de la contaminación del medio marino y otras disposiciones.
Decreto 02 de 1982	Ministerio de Salud	Por el cual se reglamentan parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.

**Tabla 2. Decretos (continuación)**

DECRETO	ENTIDAD	DISPOSICIÓN
Decreto 1594 de 1984	Ministerio de Salud	Por el cual se aclara el Decreto 1594 de 1984.
Decreto 1335 de 1988	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	Seguridad industrial y salud Ocupacional.
Decreto 919 de 1989	Presidencia de la República	Por el cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.
Decreto 283 de 1990	Ministerio de Minas y Energía	Reglamenta el almacenamiento, manejo, transporte, distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo y el transporte por carro tanques de petróleo crudo.
Decreto 353 de 1991	Ministerio de Minas y Energía	Por el cual se reglamenta la ley 26 de 1989 que dicta algunas disposiciones sobre la distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo y se modifica parcialmente el decreto 283 de 1990.
Decreto 300 de 1993	Ministerio de Minas y Energía.	Por el cual se establecen unas obligaciones para los distribuidores mayoristas, distribuidores minoristas y transportadores de combustibles blancos derivados del petróleo.
Decreto 2113 de 1993	Ministerio de Minas y Energía	Por el cual se modifica y adicionan algunos artículos del Decreto 300 de 1993.
Decreto 2535 de 1993	Ministerio del Interior Ministerio de Defensa Nacional	Normas y Requisitos sobre tenencia de armas y municiones.
Decreto 1809 de 1994	Presidencia de la República	Por el cual se reglamente el Decreto 2535 de 1993.
Decreto 948 de 1995	Ministerio del Medio Ambiente	Por el cual se reglamentan; parcialmente, la Ley 23 de 1973; el Decreto-Ley 2811 de 1974; la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire». Modificado por el Decreto 2107 de noviembre 30 de 1995.
Decreto 948 de 1995	Ministerio del Medio Ambiente	En relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.
Decreto 901 de 1997	Ministerio del Medio Ambiente	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas.

**Tabla 2. Decretos (continuación)**

DECRETO	ENTIDAD	DISPOSICIÓN
Decreto 1521 de 1998	Ministerio de Minas y Energía	Reglamenta el almacenamiento, manejo, transporte y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, para estaciones de servicio.
Decreto 33 de 1998	Ministerio de Desarrollo Económico	Por medio del cual se adoptan las Normas Sismo Resistentes NSR-98.
Decreto 321 de 1999	Ministerio del Interior. Secretaría General.	Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia Contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas.
Decreto 2676 de 2000	Ministerio de Salud	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares.
Decreto 173 de 2001	Ministerio de transporte.	Por el cual se reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor de carga.
Decreto 1669 de 2002	Ministerio del Medio Ambiente y Salud	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 2676 de 2000.
Decreto 1713 de 2002	Ministro de Desarrollo Económico	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
Decreto 1609 de 2002	Ministerio de Transporte	Por el cual se reglamenta el manejo y Transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
Decreto 1180 de 2003	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales.

**Tabla 3. Resoluciones**

RESOLUCION	ENTIDAD	DISPOSICIÓN
Resolución 000578 de 1975	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se dictan normas de seguridad sobre la distribución y el mantenimiento del equipo utilizado para el almacenamiento de Gas Licuado del Petróleo (GLP) para uso doméstico.
Resolución 2413 de 1976	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	Seguridad industrial y salud ocupacional.
Resolución 02400 de 1979	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.

**Tabla 3. Resoluciones (continuación)**

RESOLUCION	ENTIDAD	DISPOSICIÓN
Resolución 2309 de 1986	Ministerio de Salud	Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la Parte 4 del Libro 1 del Decreto -Ley número 2811 de 1974 y de los Títulos I, III y XI de la Ley 9 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales.
Resolución 2013 de 1986	Ministerios de Trabajo y Seguridad Social y de Salud	Por la cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los comités de medicina, higiene y seguridad industrial en los lugares de trabajo (actualmente comité paritario de salud ocupacional)
Resolución 0009 de 1987	Consejo Nacional de Estupeficientes	Se reglamenta la importación, fabricación, distribución, transporte y uso de sustancias enunciadas en el literal F de la ley 30 de 1986.
Resolución 0018 de 1987	Consejo Nacional de Estupeficientes	Adiciona la resolución 009 de 1987, fijando la cantidad mínima para el control del thinner en cantidad superior a ciento diez galones mensuales.
Resolución 1936 de 1987	Superintendencia de Industria y Comercio	Oficializa la NTC 2050 como Código Eléctrico Nacional Colombiano
Resolución 1016 de 1989	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	Por la cual se reglamenta la organización, funcionamiento y forma de los Programas de Salud Ocupacional que deben desarrollar los patrones o empleadores en el país.
Resolución 4093 de 1991	Ministerio de Transporte	Por la cual se reglamenta la planilla para el transporte de sustancias químicas de uso restringido.
Resolución 0031 de 1991	Dirección Nacional de Estupeficientes	En la cual se dispone el control de algunas sustancias peligrosas.
Resolución 0007 de 1992	Consejo Nacional de Estupeficientes	Adiciona el artículo 1 de la Resolución No. 009 de 1987, proferida por el Consejo Nacional de Estupeficientes y en el Decreto Legislativo 1146 de 1990, adoptado como legislación permanente por el artículo cuarto del Decreto 2272 de 1991, el Tolueno y el Anhídrido Acético.
Resolución 31819 de 1993	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se reglamenta el establecimiento y operación de los expendios minoristas de gas propano.
Resolución 189 de 1994	Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se dictan regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos.
Resolución 1351 de 1995	Ministerio del Medio Ambiente	Por medio de la cual se adopta la declaración denominada Informe de Estado de Emisiones (IE-1).

**Tabla 3. Resoluciones (continuación)**

RESOLUCION	ENTIDAD	DISPOSICIÓN
Resolución 0001 de 1995	Dirección Nacional de Estupefacientes	En la cual se dispone el control de algunas sustancias peligrosas.
Resolución 898 de 1995	Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y caldera de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores.
Resolución 05 de 1996	Ministerios de Ambiente y Transporte	Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina o diesel.
Resolución 074 de 1996.	Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG	Por la cual se regula el servicio público domiciliario de gases licuados del petróleo (GLP), y se dictan otras disposiciones.
Resolución 0001 de 1996	Dirección Nacional de Estupefacientes	En la cual se dispone el control de algunas sustancias peligrosas.
Resolución 004 de 1996	Dirección Nacional de Estupefacientes	En la cual se dispone el control de algunas sustancias peligrosas.
Resolución 619 de 1997	Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.
Resolución 80505 de 1997	Ministerio de Minas y Energía	Dispone el reglamento técnico al cual debe someterse el almacenamiento, manejo, comercialización mayorista y distribución de gas licuado del petróleo (GLP).
Resolución 0415 de 1998	Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se establecen los casos en los cuales se permite la combustión de los aceites de desecho y las condiciones técnicas para realizar la misma.
Resolución 3700 de 2001	Ministerio de Transporte	Por el cual se modifica el artículo 2 de la Resolución 4093 de 1991.
Resolución 18-0790 de 2002	Ministerio de Minas y Energía y Ministerio de Transporte	Establece los requisitos de calidad, de almacenamiento, transporte y suministro de los combustibles de aviación para motores tipo turbina.
Resolución 2499 de 2002	Ministerio de Transporte.	Por el cual se establece la ficha técnica para el formato único de manifiesto de carga.
Resolución 5457 de 2002	Ministerio de Transporte.	Por la cual se modifica el Decreto 2499 de 2002.

## Anexo Prevención de la discapacidad

V

El anexo que se presenta a continuación tiene como objetivo informar acerca de la política nacional sobre prevención de la discapacidad y su relación con el tema del manejo de sustancias químicas en las diferentes etapas de su ciclo de vida. Teniendo en cuenta que un variado grupo de sustancias podrían generar discapacidad por varios factores, entre ellos: tiempo de exposición a la sustancia (corta o prolongada), características de la sustancia y la persona expuesta, es recomendable profundizar sobre el tema y realizar una investigación más detallada que ayude a la determinación de la discapacidad en casos específicos. De igual forma, un accidente con sustancias químicas, tales como las corrosivas entre otras, en el cual hubo contacto con la piel y los ojos, puede generar según las circunstancias del caso, heridas profundas y la pérdida de la visión.

### Introducción

La Presidencia de la República de Colombia a través de la Consejería Presidencial de Programas Especiales y de la Red de Solidaridad Social, han venido desarrollando los lineamientos y la coordinación de la Política Pública en Discapacidad 2003 – 2006. En este sentido, se han establecido los mecanismos de participación interinstitucional para garantizar, desde todos los entes gubernamentales, el abordaje de la temática de discapacidad como una problemática social que requiere atención inmediata.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), en respuesta a los compromisos adquiridos por esta política, responde al componente de promoción de entornos protectores y prevención de la discapacidad, entre otros. El objetivo de este componente es promover un entorno saludable que permita hacer visibles los riesgos de discapacidad ante la población, para controlarlos y mitigar sus consecuencias en los hogares y las personas, en especial los más vulnerables.

Debido a lo anterior, se presenta este anexo como respuesta a la necesidad de entregar información para el reconocimiento de la discapacidad como una posible situación resultante del manejo de sustancias químicas en sus diferentes etapas de su ciclo de vida, en particular las que se pueden presentar durante el uso, almacenamiento y transporte de este tipo de materiales. Por ende es importante identificar las acciones y condiciones peligrosas que pueden causar discapacidad y a través de esto realizar las intervenciones respectivas para lograr ambientes laborales seguros en donde los riesgos de adquirir una discapacidad sean los mínimos posibles o tolerables. Se trata de adoptar medidas encaminadas a impedir que se produzca un deterioro físico, sensorial, entre otros y evitar que un accidente de lugar a una deficiencia.

### Antecedentes

A partir de la Constitución de 1991, se empieza a consolidar un marco jurídico para garantizar los derechos de la población con discapacidad y las obligaciones del Estado y la sociedad para ellos. En desarrollo del Mandato Constitucional se expidió la Ley 361 de 1997 “Por la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas con limitación y se dictan otras disposiciones”. Esta Ley busca definir un marco para el manejo de la discapacidad, que enmarca desde las responsabilidades del Estado para con los derechos fundamentales de

las personas con limitación, hasta los asuntos relacionados con la prevención, promoción, educación, rehabilitación, bienestar social y accesibilidad, entre otros.

Igualmente, la Ley 361 es reconocida como un importante avance en cuanto a la definición de un marco para el manejo de la discapacidad, puntualiza diversos aspectos en relación con los derechos fundamentales de las personas con limitación y establece obligaciones y responsabilidades del Estado en sus diferentes niveles para que las personas que se encuentren en esta situación, puedan alcanzar "...su completa realización personal y su total integración social..."; es así como se ocupa de asuntos como la prevención, la educación, la rehabilitación, la integración laboral, el bienestar social, la accesibilidad. Así mismo, en el Artículo 6 de esta norma se constituye el "Comité Consultivo Nacional de las Personas con Limitación" en calidad de "...asesor institucional para el seguimiento y verificación de la puesta en marcha de las políticas, estrategias y programas que garanticen la integración social del limitado...", y se prevé la conformación de Grupos de Enlace Sectorial, con la participación de instituciones y entidades de naturaleza pública y privada.

En el ámbito internacional, en especial desde los organismos del Sistema de las Naciones Unidas<sup>1</sup>, se han promulgado diferentes textos (declaraciones, convenios, planes, recomendaciones) que contienen planteamientos específicos en relación con los derechos de las personas con discapacidad, señalan deberes de los Estados y de la sociedad para con ellos y trazan lineamientos de acción para prevenir la discapacidad, brindar la atención y generar condiciones de integración social y de superación de cualquier forma de discriminación. Colombia ha acogido y ratificado la mayoría de estos lineamientos y mandatos, el último de ellos a través de la Ley 762 de julio de 2002, "por medio de la cual se aprueba la *Convención Interamericana para la Eliminación de todas las Formas de Discriminación contra las Personas con Discapacidad*, suscrita en la ciudad de Guatemala, Guatemala, el 7 de junio de mil novecientos noventa y nueve (1999)".

En cuanto a los antecedentes de formulación de planes relativos al tema de discapacidad, en 1995 se expidió el Documento CONPES 2761 "Política de Prevención y Atención a la Discapacidad", y bajo el contexto conceptual y normativo existente en 1998, el anterior gobierno formuló el "Plan Nacional de Atención a las Personas con Discapacidad 1999-2002", construido en un proceso de interacción entre diferentes instituciones del nivel nacional, y con la activa participación de instituciones del nivel territorial, en donde se llevaron a cabo mesas de trabajo con participación de representantes de entidades sectoriales y de las Redes Territoriales, en las cuales han estado presentes el sector público y el privado.

En el proceso de desarrollo y ejecución del Plan, se designó a la Consejería Presidencial para la Política Social como instancia de coordinación de las actividades de interacción entre las diferentes instituciones nacionales involucradas; es importante señalar así mismo la importancia de su papel en la apropiación del Plan por parte de las entidades territoriales.

### **Concepto de la Discapacidad**

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), «La Discapacidad es cualquier restricción o impedimento para la realización de una actividad, ocasionados por una deficiencia dentro del ámbito considerado normal para el ser humano». También se puede mirar como la falta o limitación de la capacidad de una persona para realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal o funcional para un ser humano".

El término discapacidad se registra en la clasificación de las "Consecuencias de la enfermedad" presentado por la Organización Mundial de la Salud en 1980, en donde se define la deficiencia como toda pérdida o anomalía de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica; la discapacidad, como toda restricción o ausencia, debida a una deficiencia, de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para el ser humano; y la minusvalía, como una situación desventajosa para un individuo determinado, consecuencia de una deficiencia o discapacidad, que limita o impide el desempeño de un rol que es normal en su caso, en función de su edad, sexo, factores sociales y culturales. De igual forma, en el Decreto 917

de 1999 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (hoy Ministerio de la Protección Social) en su Artículo 7 establece los criterios para la calificación integral de la invalidez.

La definición de cada una de estas nociones responde al modelo médico de la discapacidad. Este modelo, al igual que los otros modelos deficitarios de la discapacidad, consideran que la discapacidad es un comportamiento desviado en el individuo, que es un síntoma o manifestación externa de una alteración subyacente, que es el individuo quien presenta la anormalidad física, sensorial o mental, y que es él quien tiene dificultades para realizar diferentes actividades lo que le obstaculiza desempeñar un rol social de acuerdo a las expectativas normativas del medio.

En la búsqueda de explicaciones más integrales con respecto a la problemática de la discapacidad, surgen los modelos no deficitarios, cuya característica principal es la evaluación de necesidades del sujeto y la implementación de los recursos correspondientes para satisfacer dichas necesidades. A estos modelos subyace una perspectiva ecológica que demanda la comprensión de la discapacidad como el fruto de las interacciones entre las condiciones individuales de la persona y las características del entorno físico y social. Así, la discapacidad es vista como una desarmonía con el entorno en la que ambos elementos, entorno y persona, son responsables de los esfuerzos que se hagan para atenuarla o compensarla. De este modo la discapacidad no es sólo un asunto de la misma persona con discapacidad, o de su familia, sino que pasa a ser también una situación que involucra el entorno social, político, económico y cultural.

Así entonces, la OMS, en concordancia con los lineamientos de la perspectiva ecológica, propone la nueva *Clasificación Internacional del Funcionamiento y la Discapacidad (CIF)*. Esta nueva propuesta deja de ser una clasificación de 'consecuencias de enfermedades' (versión de 1980), para convertirse en una clasificación de 'componentes de salud', lo que señala una diferencia sustancial porque esta concepción define lo que instaura y constituye la salud, mientras que la anterior clasificación se centra en el impacto resultante de enfermedades y otros trastornos.

Bajo la anterior conceptualización, la discapacidad es una condición que se puede dar en cualquier persona, se puede nacer con ella o adquirir, según los riesgos ocasionados por múltiples factores o condiciones: socioeconómicos, ambientales, genéticos y hereditarios, biológicos, accidentales, desastres naturales, entre otros.

Esto significa que la discapacidad no compete de manera aislada al individuo, sino que es una condición social e histórica, en directa relación con las condiciones sociales y culturales del entorno. Se entiende entonces, por discapacidad una situación derivada de la relación del hombre con su ambiente natural, social y cultural.

### **Política Pública en Discapacidad**

El Plan Nacional de Desarrollo, actualmente incluye el tema discapacidad en los siguientes términos: "Atención a la población con discapacidad. Se creará una unidad para la coordinación de la política que articule los elementos técnicos y de soporte a la gestión suprasectorial, con los mecanismos de concertación e interacción entre las instancias del nivel nacional y territorial. Mediante documento Conpes, se definirán los lineamientos operativos y las metas del Plan nacional de atención a las personas con discapacidad para el periodo 2003-2006 y se dará especial énfasis a la prevención de ella."

El objetivo general de la Política Pública en Discapacidad es consolidar una política pública que permita construir una sociedad que, si bien considera la discapacidad como una situación que puede y debe prevenir, respete y reconozca las diferencias que de ella se derivan, logrando que las personas con discapacidad, la familia, la comunidad y el Estado concurren y estén comprometidos en promover y proveer las condiciones para lograr su máxima autonomía y participación en los espacios cotidianos y de vida ciudadana.

Como dinámica de gestión se espera que una diversidad de actores en el nivel local incorpore, en la ejecución cotidiana de las acciones que le son propias, la concepción moderna de discapacidad. En particular para los

servicios sociales se propone hacer realidad el tránsito desde la oferta a una respuesta por demanda, cambiar una gestión centrada en entrega de suministros por una dirigida a desarrollar capacidades. Esto significa que los servicios sociales serán exitosos si son capaces de contribuir a la formación de personas y grupos que se conciben a sí mismos como sujetos de derechos, es decir, capaces de aportar, desde sus experiencias y vivencias cotidianas, a la toma de decisiones sobre sus condiciones de vida, como miembro de familia y como ciudadano.

### **Promoción de Entornos Protectores y Prevención de la Discapacidad**

La Constitución Política Colombiana establece a través de los artículos 44, 46, 47 y 48 el derecho a la seguridad social y en los artículos 49 y 59 los correspondientes al derecho a la atención en salud. En esta perspectiva, el Gobierno Nacional en compañía de la comunidad organizada, han llevado a cabo la consolidación de unos lineamientos de política para la promoción de la salud y prevención de la discapacidad con el fin de favorecer la generación de entornos saludables.

Este componente de la Política Pública en Discapacidad tiene como objetivo fundamental la identificación de los factores protectores y factores de riesgos asociados con la discapacidad. Es así como se busca la formulación de mapas de riesgos en todos los entes territoriales, de manera que la comunidad pueda contar con referentes al momento de diseñar acciones para prevenir cualquier tipo de discapacidad.

El conjunto de este programa se orienta a crear conciencia en la población de que la calidad de vida depende de las acciones que ellos hagan, y de su capacidad de organización, representatividad y participación en el manejo de las situaciones relacionadas con la discapacidad; así como a crear condiciones en el entorno para impedir que se produzca cualquier situación de discapacidad, es decir, hacia la construcción de entornos protectores en el hogar, el trabajo y en los espacios de la vida ciudadana; también incluye medidas tendientes a disminuir la posibilidad de empeorar la calidad de vida de la persona con discapacidad.

Las estrategias previstas para su desarrollo son: (i) promoción y fomento de comportamientos saludables; (ii) identificación, prevención y control de riesgos; (iii) promoción de la detección temprana en los diferentes espacios de interacción social y a la atención oportuna en los servicios específicos y (iv) fomento a procesos de organización comunitaria y participación de la ciudadanía para la transformación cultural en torno a la discapacidad.

1. Promoción y fomento de comportamientos saludables. Estrategia dirigida a establecer los contenidos y canales de comunicación y educación más apropiados para que los grupos poblacionales, en especial los más expuestos a adquirir la condición de discapacidad, puedan modificar las condiciones y comportamientos que predisponen a la discapacidad y desarrollar aquellos identificados como protectores.
2. Identificación, prevención y control de riesgos. La estrategia de reducción de riesgos se orienta a identificar e intervenir los factores que inciden en la prevalencia de discapacidad, para aislar, controlar y reducir la consecuencia sobre las personas en los espacios cotidianos, en ámbitos vitales para la vida familiar y comunitaria de la persona, tales como el trabajo, el hogar, la escuela, el espacio urbano, entre otros.
3. Promoción del acceso oportuno a detección temprana en los diferentes espacios de interacción social y a la atención en los servicios específicos. Divulgar sistemáticamente los signos de presencia de discapacidad, en especial en población infantil, a aquellos agentes comunitarios cuya labor los pone en contacto con los grupos poblacionales más susceptibles de adquirir la condición de discapacidad; simultáneamente, establecer mecanismos eficaces de información, orientación a la demanda, que faciliten la intervención oportuna de la condición de discapacidad en personas detectadas.
4. Fomento a procesos de participación ciudadana para la transformación cultural en torno a la discapacidad. Incorporar contenidos que favorezcan una cultura de respeto a la diferencia y que, explícitamente, potencie la capacidad de interacción y aporte de las personas con discapacidad en las entidades.

## Construcción de Mapa de Factores de Riesgo en Discapacidad

El mapa de factores de riesgo en discapacidad es un instrumento que permite valorar y registrar los principales factores de riesgo asociados a la discapacidad presente en el territorio, y observar sistemáticamente su frecuencia, distribución, severidad y sensibilidad a las variables de espacio, tiempo, personas, ocupación, tecnología, condiciones previas, simultáneas y posteriores a la atención, identificar, analizar y evaluar las necesidades, problemas, amenazas, relacionados con la discapacidad presentes en la comunidad, la capacidad de respuesta, y los recursos presentes en la comunidad.

### ¿Para qué sirve?

- Es un elemento esencial del sistema de información de la localidad.
- Permite una visión gráfica, simbólica y realista sobre los problemas de discapacidad y los recursos existentes en la comunidad para prevenirla.
- Permite una visión de la vulnerabilidad de la comunidad y los eventuales efectos ante los diferentes riesgos identificados.
- Permite identificar las respuestas de la comunidad ante las diferentes amenazas o situaciones de desastre que ocasionan discapacidad.
- Permite ubicar los recursos disponibles, la localización y capacidad de respuesta.
- Conocer los riesgos que la estructura ocupacional de cada territorio ocasiona a lo largo del ciclo vital.
- Las relaciones entre el entorno, las personas, organizaciones e instituciones, las unidades familiares más vulnerables.
- Determinar los factores que se pueden intervenir.
- Determinar el efecto potencial de las intervenciones y las repercusiones en las personas, las familias y la sociedad.
- Construir escenarios y alianzas que permitan proteger, prevenir y brindar respuestas oportunas y de calidad ante las contingencias.
- Garantizar el derecho a un óptimo desarrollo humano del territorio.

### ¿Quiénes participan?

Participan las organizaciones gubernamentales, no gubernamentales, las instituciones públicas y privadas, la comunidad y sus líderes, en la realización del diagnóstico de la situación de discapacidad de la localidad, los factores de riesgo prioritarios, y en la búsqueda de posibles soluciones.

### ¿Cómo se elabora?

Para elaborar un mapa de riesgo se deben seguir los siguientes pasos:

- Promover la participación de la comunidad.
- Explicar qué es un riesgo para discapacidad y las distintas categorías de riesgos.
- Explicar que es un mapa de riesgo.
- Realizar un análisis de experiencias previas sobre emergencias, desastres, y la respuesta dada por la comunidad, la organización, y la distribución de los recursos.
- Permitir que la comunidad identifique los factores de riesgo presentes en su localidad, las discapacidades más frecuentes en la población teniendo en cuenta la morbi- mortalidad: identificar las principales causas de mortalidad y las causas de morbilidad, elaborar con la comunidad un listado de riesgos
- Permitir que la comunidad identifique los recursos con que cuenta para dar respuesta a los diferentes problemas identificados: humanos, organizaciones, instituciones, asociaciones de voluntarios, presentes en la comunidad, técnicos y materiales existentes y disponibles.
- Disponer de un mapa de la localidad que puede ser trabajado por zonas en diferentes grupos, para obtener después un mapa único y completo.

- Fomentar la participación y el interés, favoreciendo la agudización de la percepción del ambiente, del entorno y los factores de riesgo entre grupos.
- Analizar la información. Con la información obtenida en los distintos sectores, se conforma el mapa de toda la localidad. Cada grupo debe presentar la información obtenida tanto de riesgos como de recursos existentes.
- Establecer un orden de prioridades, respetando la opinión del grupo.
- Presentar una propuesta que contenga soluciones a los problemas y necesidades identificadas.

El plan de acción requiere de los siguientes pasos:

- Análisis de los involucrados. Identifica a los grupos de la comunidad que intervienen en la planificación, así como los roles que desempeñan, mecanismos de interpelación y potencialidades.
- Análisis de problemas. Una vez obtenida la información inicial del mapa de riesgos y recursos, se debe llevar al grupo a un trabajo de priorización de problemas.

Para ello se deben definir los términos:

#### **Problema**

Como el evento que produzca discapacidad en el individuo o el grupo social.

#### **Frecuencia**

Depende de la magnitud del problema (discapacidad o riesgo), y se deben elegir las discapacidades o riesgos más frecuentes y comunes.

#### **Gravedad**

Hace referencia a los factores de riesgo que causen más discapacidad. Se deben elegir los que produzcan el mayor grado de discapacidad.

#### **Vulnerabilidad**

Depende del grado de resolución, se deben elegir los problemas que sean más fáciles de controlar.

Una vez priorizados los principales problemas y factores de riesgo por los involucrados, el grupo entra a definir las estrategias de intervención incluyendo:

- Área donde se van a realizar las acciones.
- Elementos y recursos necesarios.
- Responsables de las acciones: entidades, grupos comunitarios que intervienen.
- Tiempo durante el cual se ejecutan las actividades previstas.

#### **Condiciones y factores asociados a la discapacidad**

A continuación se presenta un cuadro que globaliza los diferentes factores y condiciones que puede llegar a generar una discapacidad, que incluye entre otros, sustancias químicas.

#### **CONDICIONES**

##### **CONDICIONES GENÉTICAS:**

- Factores de Consanguinidad
- Enfermedades autosómicas dominantes
- Enfermedades autosómicas recesivas
- Enfermedades recesivas ligadas al cromosoma X
- Anomalías cromosómicas

##### **CONDICIONES PRENATALES:**

- Varicela, Sarampión
- Rubéola

- Citomegalovirus
- Sífilis
- Herpes
- Toxoplasmosis
- Exposición a radiaciones
- Desnutrición

**CONDICIONES PERINATALES: (Hasta las primeras cuatro semanas)**

- Hipoxia perinatal
- Fórceps
- Apgar 0-4 a 1 minuto o de 0-6 a los 5 minutos
- Niveles de oxigenación y ruido en incubadoras
- Presencia de bilirrubinemia superior a 20/1000 mgr (presencia de bilirrubina en la sangre).

**CONDICIONES POSNATALES: (4 semanas - 5 años)**

- Infecciones Virales o bacterianas sin la debida atención (rubeola, sarampión, parotiditis y meningitis).
- Traumas craneoencefálicos
- Traumas oculares o de oído
- Infección respiratoria aguda
- Medicamentos ototóxicos
- Otitis recurrentes
- Desnutrición

**FACTORES DEGENERATIVOS LIGADOS A LA EDAD:**

- Enfermedades cardiocerebrovasculares
- Diabetes
- Enfermedad de Hansen (Lepra)
- Artritis
- VIH/SIDA
- Cáncer
- Trastornos metabólicos
- Degeneración Senil

**FACTORES DE RIESGO PRESENTES EN EL AMBIENTE**

- Exposición permanente o continua ambientes ruidosos (mayor de 80db)
- Exposición súbita ruidos de impacto superior a 120 dB
- Sobre exposición a rayos solares
- Contaminación ambiental.
- Barreras físicas arquitectónicas
- Eventos naturales como: Desastres, terremotos, inundaciones.
- Exposición al agua, cuerpos extraños, o elementos contaminados.
- Contacto con animales.
- Contacto con personas que padezcan enfermedades eruptivas.
- Manejo inadecuado de personas accidentadas.
- Intoxicación o envenenamiento

**FACTORES DE RIESGO OCUPACIONALES**

- Físicos:** exposición a radiaciones ionizantes , no ionizantes, ruido y vibración, temperatura extremas y presiones atmosféricas anormales.
- Químicos:** exposición a polvos, gases, vapores, humos, fibras, neblinas, sustancias líquidas sólidas o gaseosas, como: thinner, disolventes, cal, cemento, ácidos, álcalis, pinturas y otros. Se incluyen también los resultantes de

incendio y explosión ocasionados por reacciones térmicas y químicas, lugares contaminados por acumulación de gases y vapores, etc.

- **Biológicos:** virus, bacterias, hongos, parásitos, animales y vegetales.
- **Ergonómicos:** por mal diseño del puesto de trabajo, herramientas, máquinas, equipos con diseño anti-ergonómico, posturas mantenidas, posturas prolongadas, posturas antigravitacionales, posturas extremas o forzadas, levantamiento y transporte de cargas y movimientos repetitivos, entre otros.
- **Psicosociales:** carga de trabajo, relaciones interpersonales, turnos, ritmo de trabajo, responsabilidad, monotonía, repetitividad, aislamiento, estilos de mando, etc.
- **De Inseguridad:** no uso de equipos de protección personal, falta de guardas y dispositivos de seguridad en las máquinas y equipos, ausencia de inducción, de manuales de procedimientos, manuales de funciones, falta de demarcación de áreas y señalización, etc.
- **Mecánicos:** elementos cortantes, punzantes, contundentes, superficies ásperas,, material en movimiento, proyectado, transporte mecánico,, caídas de objetos,
- **Eléctricos:** cables descubiertos, líneas recargadas, falta de polos a tierra, tomas en mal estado.
- **Locativos:** falta de orden y aseo, escaleras, pisos, paredes en mal estado, húmedos o resbalosos, distribución del espacio.

### CONDICIONES DEL COMPORTAMIENTO

- Violencia intrafamiliar
- Maltrato infantil
- Violencia por delincuencia común
- Violencia producida por el conflicto armado
- Consumo de alcohol, tabaco y sustancias psicoactivas
- Patrones culturales en la crianza y cuidado de la salud.
- Accidentes en el hogar
- Accidentes de tránsito
- Practicas inadecuadas en la higiene visual, auditiva y postural.

### CONDICIONES DE LOS SERVICIOS

- Iatrogenia. Procesos de atención y mediación
- Cobertura y acceso a los servicios

### Bibliografía

1. *Presidencia de la República, Consejería Presidencial de Programas Especiales, Red de Solidaridad Social. Bases para la formulación de Política Pública en Discapacidad. Bogotá, 2003.*
2. *República de Colombia. Ley 361 de 1997.*
3. *Naciones Unidas, Programa de acción mundial para las personas con discapacidad. Real Patronato de Prevención y de Atención a personas con minusvalía. Madrid, 1998.*
4. *Organización de las Naciones Unidas. Normas Uniformes sobre la Igualdad de Oportunidades para las personas con Discapacidad. 48 Período de Sesiones de la Asamblea General, 1991.*