



El ambiente
es de todos

Minambiente

MINISTERIO DE AMBIENTE Y
DESARROLLO SOSTENIBLE

DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE

Norma fuentes móviles

2020

WWW.MINAMBIENTE.GOV.CO



CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES	1
1.1.	CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA.....	1
1.2.	CALIDAD DEL AIRE Y SALUD.....	1
1.3.	FUENTES MÓVILES TERRESTRES.....	2
1.3.1.	FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE USO FUERA DE CARRETERA	3
1.3.2.	FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE CARRETERA	5
1.4.	PRUEBA DINÁMICA.....	6
1.4.1.	FUENTES MÓVILES DE CARRETERA	6
1.4.2.	FUENTES MÓVILES DE USO FUERA DE CARRETERA	8
1.5.	PRUEBA ESTÁTICA.....	8
1.5.1.	ESQUEMA DE MEDICIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR FUENTES MÓVILES DE CARRETERA REGLAMENTADO EN LA ACTUALIDAD (PRUEBA ESTÁTICA).....	9
1.5.2.	ESQUEMA DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR FUENTES MÓVILES DE USO FUERA DE CARRETERA EN USO	15
2.	ANTECEDENTES NORMATIVOS	15
2.1.	LEY 99 DE 1993	15
2.2.	LEY 1955 DE 2019 (PND 2018-2019).....	15
2.3.	LEY 1972 DE 2019.....	15
2.4.	DECRETO ÚNICO REGLAMENTARIO DEL SECTOR AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (DECRETO 1076 DE 2015)	16
2.5.	RESOLUCIÓN 910 DE 2008.....	16
2.6.	RESOLUCIÓN 3124 DE 2014 Y RESOLUCIÓN 160 DE 2017	16
3.	ASPECTOS TÉCNICOS – DESARROLLO NORMATIVO	17
3.1.	DISPOSICIONES GENERALES.	17
3.2.	EMISIONES EN PRUEBA DINÁMICA	19
3.2.1.	CERTIFICADO DE EMISIONES EN PRUEBA DINÁMICA (CEPD) Y VISTO BUENO POR PROTOCOLO DE MONTREAL	19
3.2.2.	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN EN PRUEBA DINÁMICA	20
3.2.2.1.	Fuentes móviles terrestres de carretera con motor de encendido por compresión	20
3.2.2.2.	Fuentes móviles terrestres de carretera con motor de encendido por chispa.....	22
3.2.2.3.	Fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera	24
3.3.	PRUEBA ESTÁTICA	27
3.3.2.	VERIFICACIÓN INICIAL DEL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES DE EMISIÓN	27
3.3.3.	VIGILANCIA Y CONTROL DE FUENTES MÓVILES	28
3.3.3.1.	Límites de emisión en prueba estática	30
3.3.3.2.	Seguimiento a fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera	42
3.4.	OTRAS DISPOSICIONES.	43
4.	IMPACTO ECONÓMICO	44

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES46

BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PORCENTAJE DE REPRESENTACIÓN EN EL CONTEO DE LAS FUENTES MÓVILES DE USO FUERA DE CARRETERA POR PERÍODO DE IMPORTACIÓN	3
FIGURA 2. ILUSTRACIÓN DE LA RELACIÓN BEER LAMBERT	10
FIGURA 3. ESCALA MEDIDOR CON RANGO K [0 – 9,99 m ⁻¹]	11
FIGURA 4. ESCALA MEDIDOR CON RANGO K [0 – 32 m ⁻¹]	11
FIGURA 5. RELACIÓN N, K, L	13
FIGURA 6. RESULTADO DEL ESTUDIO REALIZADO POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL	14
FIGURA 7. PORCENTAJE DE REPRESENTACIÓN EN EL CONTEO DE FUENTES MÓVILES DE USO FUERA DE CARRETERA POR ENERGÉTICO EMPLEADO	18
FIGURA 8. PORCENTAJE DE REPRESENTACIÓN EN EL CONTEO DE FUENTE MÓVILES DE USO FUERA DE CARRETERA POR RANGOS DE POTENCIA	18
FIGURA 9. EVOLUCIÓN DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES AL AIRE DE LAS TECNOLOGÍAS EURO.	21
FIGURA 10. REGLAMENTACIÓN DE ESTÁNDARES EURO A NIVEL MUNDIAL PARA VEHÍCULOS DIÉSEL	22
FIGURA 11. REGLAMENTACIÓN DE ESTÁNDARES PARA FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE USO FUERA DE CARRETERA A NIVEL MUNDIAL.	25
FIGURA 12. CICLO ESTACIONARIO FUERA DE CARRETERA (NRSC)	27
FIGURA 13. CICLO ESTACIONARIO FUERA DE CARRETERA (NRSC)	27
FIGURA 14. DIAGRAMA DE CAJA - RESULTADOS DE EMISIONES GENERADAS POR MOTOCICLETAS 4T – INFORMACIÓN REPORTADA POR ENSAMBLADORES E IMPORTADORES SEGÚN RESOLUCIÓN 910 DE 2008	30
FIGURA 15. DIAGRAMA DE CAJA - RESULTADOS DE EMISIONES GENERADAS POR MOTOCICLETAS 4T – INFORMACIÓN REPORTADA POR AUTORIDADES AMBIENTALES Y CENTROS DE DIAGNÓSTICO AUTOMOTOR.....	31
FIGURA 16. DIAGRAMA DE CAJA – ANÁLISIS DE IMPACTO ESTÁNDARES PROPUESTOS PARA MOTOCICLETAS 4T.....	31
FIGURA 17. CUMPLIMIENTO ESTÁNDAR ACTUAL MOTOCICLETAS 2 TIEMPOS.....	31
FIGURA 18. ESTÁNDAR PROPUESTO - MOTOCICLETAS 2T.....	32
FIGURA 19. DIAGRAMA DE CAJA HIDROCARBUROS EN FUNCIÓN DE AÑO MODELO	34
FIGURA 20. DIAGRAMA DE CAJA MONÓXIDO EN FUNCIÓN DE AÑO MODELO.....	35
FIGURA 21. ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DEL PARQUE AUTOMOTOR DIÉSEL - ESTÁNDARES ACTUALES.....	37
FIGURA 22. ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DEL PARQUE AUTOMOTOR DIÉSEL - ESTÁNDARES ACTUALES – CONSOLIDADO REPORTE 25 % ENSAMBLADORES, IMPORTADORES, REPRESENTANTES DE MARCA	37
FIGURA 23. ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DEL PARQUE AUTOMOTOR DIÉSEL - ESTÁNDARES ACTUALES – CONSOLIDADOS AUTORIDADES AMBIENTALES - OPERATIVOS EN VÍA Y PRUEBAS EN CENTRO DE DIAGNÓSTICO AUTOMOTOR.....	38
FIGURA 24. AJUSTE ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR.....	39
FIGURA 25. ANÁLISIS DE IMPACTO - NORMA PROPUESTA.....	40
FIGURA 26. RELACIÓN DENSIDAD DE HUMO (K) – FUENTE DE MEDICIÓN	40
FIGURA 27. RELACIÓN DENSIDAD DE HUMO (K) – FUENTE DE MEDICIÓN	41
FIGURA 28. REDUCCIÓN DE PM Y NOX ESTÁNDARES DE EMISIÓN FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE USO FUERA DE CARRETERA.....	45

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. TIPOS DE MAQUINARIA CON MAYOR PORCENTAJE DE REPRESENTACIÓN EN EL CONTEO DE FUENTES MÓVILES DE USO FUERA DE CARRETERA.	4
TABLA 2. TABLA ARTÍCULO 3° DE LA LEY 1972 DE 2019.	21
TABLA 3. COMPARATIVO DE ESTÁNDARES NORMATIVOS EN EEUU Y EUROPA PARA FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE USO FUERA DE CARRETERA.	24
TABLA 4. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN PARA FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE USO FUERA DE CARRETERA EN PRUEBA DINÁMICA, EVALUADOS BAJO EL CICLO ESTACIONARIO NO DE CARRETERA (NRSC) Y EL CICLO TRANSITORIO NO DE CARRETERA (NRTC). ESTÁNDARES EUROPEOS CON BASE EN EL ESTÁNDAR EUROPEO STAGE IIIB PARA POTENCIAS IGUALES O SUPERIORES A 37 kW.	26
TABLA 5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN PARA FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE USO FUERA DE CARRETERA EN PRUEBA DINÁMICA, EVALUADOS BAJO EL CICLO ESTACIONARIO FUERA DE CARRETERA (NRSC) Y EL CICLO TRANSITORIO FUERA DE CARRETERA (NRTC). ESTÁNDARES AMERICANOS CON BASE EN EL ESTÁNDAR ESTADOUNIDENSE TIER 4 INTERIM.	26
TABLA 6. FRECUENCIA MÍNIMA DE OPERATIVOS EN VÍA POR PARTE DE LAS AUTORIDADES COMPETENTES (PROPUESTA).	28
TABLA 7. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PROPUESTOS – FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE CARRETERA DE ENCENDIDO POR CHISPA.	33
TABLA 8. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE PARQUE AUTOMOTOR EVALUADO - LÍMITES MÁXIMOS PROPUESTOS	36
TABLA 9. NORMA DE OPACIDAD VIGENTE – RESOLUCIÓN 910 DE 2008.	36
TABLA 10. PROPUESTA NORMATIVA PARA DENSIDAD DE HUMO.	39
TABLA 11. COSTO TOTAL DE TECNOLOGÍA DE CONTROL DE EMISIONES EN ESTADOS UNIDOS.	45
TABLA 12. COSTO TOTAL DE TECNOLOGÍA DE CONTROL DE EMISIONES EN EUROPA.	45

DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE PROYECTO DE RESOLUCIÓN

“Por la cual se reglamentan los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 2.2.5.1.8.2 del Decreto 1076 de 2015 y se adoptan otras disposiciones”

1. ANTECEDENTES

1.1. CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA

De acuerdo con el Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia publicado por el IDEAM en el año 2019, durante el año 2018 operaron en Colombia 203 estaciones de monitoreo distribuidas en 27 Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) operados por autoridades ambientales, los cuales tuvieron una cobertura espacial de 22 departamentos y 83 municipios en las regiones Andina, Caribe, Pacífico y Orinoquía. No obstante, existen municipios que aún no cuentan con sistema de vigilancia de la calidad del aire o en los cuales la capacidad instalada actualmente no cumple con los requisitos del Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire [IDEAM, 2019]

Los SVCA han evidenciado que en el país se continúan superando los niveles máximos permisibles de contaminantes criterio establecidos en la Resolución 2254 de 2017 prioritariamente para partículas. Esta situación se presenta en mayor medida en los centros urbanos del país, lo que genera afectaciones a la salud de la población y por tanto se requiere la reducción de dichas emisiones a la atmósfera, lo cual se ha visibilizado a través de los resultados del cálculo del índice de calidad del aire (ICA), que evidenciaron que estos contaminantes (PM_{10} y $PM_{2.5}$), representan un riesgo alto de afectación a la salud de la población.

Así mismo el informe señala que 67 estaciones de las 73 estaciones que midieron PM_{10} con criterios de representatividad en el año 2018 (de un total de 152 de monitorearon el contaminante), cumplieron con el nivel permisible vigente en la Resolución 2254 de 2017, es decir, ($50\mu g/m^3$). Igualmente, el informe señala que, tan solo 22 (30 %) cumplieron con los niveles máximos permisibles establecidos en la citada resolución para el año 2030 ($30\mu g/m^3$). Esta situación deja entrever que, de continuar las condiciones actuales, la mayoría de las estaciones de monitoreo presentarían incumplimiento a la norma nacional y al objetivo intermedio 3 de la OMS, lo que implica una grave afectación para la salud de la población colombiana.

Teniendo como precedente que la Resolución 2254 de 2017, contempla niveles de inmisión más estrictos a los que se habían establecido en la Resolución 610 de 2010 para periodos de 24 horas a partir del 1 de julio de 2018 y a partir del año 2030 para periodos anuales, se deben tomar acciones que se encaminen al mejoramiento de la calidad del aire, para lo cual una de las medidas a desarrollar es el ajuste de los límites máximos permisibles de emisión generados por las fuentes móviles. Esta medida se encuentra contenida tanto en el CONPES 3943 “Política para el mejoramiento de la calidad del aire”, como en el Plan Nacional de Desarrollo (2018-2022).

1.2. CALIDAD DEL AIRE Y SALUD

La contaminación del aire representa un importante riesgo ambiental para la salud, tanto en los países desarrollados como en aquellos que están en vía de lograrlo. De acuerdo con la Organización Mundial de la

Salud (OMS), mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma. Cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo [OMS, 2016a].

Así mismo, dicha organización estima que aproximadamente 12 millones (23 %) de las muertes globales al año se relacionan con el deterioro ambiental, siendo 3 millones atribuidas a la contaminación del aire urbano.

Según estimaciones de la OMS para el año 2012, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3 millones de defunciones prematuras. Un 88 % de esas defunciones prematuras se producen en países de ingresos bajos y medianos, y las mayores tasas de morbilidad se registran en las regiones del Pacífico Occidental y Asia Sudoriental de la OMS [OMS, 2016b].

En Colombia, la contaminación del aire es uno de los factores de mayor preocupación por los impactos generados no solo en el ambiente sino en la salud de las personas. De acuerdo con las cifras publicadas por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en 2018, los costos en la salud asociados a la baja calidad del aire en el país ascienden a \$12,2 billones de pesos, equivalentes al 1,5 % del PIB del año 2015, relacionados con 8.000 muertes. Así mismo, el estudio señala que las partículas son el principal contaminante del aire urbano en Colombia, el cual es producido principalmente por la combustión de combustibles fósiles, en especial el diésel [DNP, 2018a].

De otro lado, el estudio realizado por el Instituto Nacional de Salud (INS) denominado “Análisis de la carga de enfermedad asociada a factores de riesgo ambiental” publicado en el año 2018, establece que, de 17.549 muertes asociadas a factores de riesgo ambiental, 15.681 se atribuyen a la mala calidad del aire [INS, 2018].

Como se mencionó previamente, el problema de contaminación del aire en Colombia está asociado principalmente a material particulado, dado que es el contaminante que con mayor frecuencia sobrepasa la norma anual establecida para Colombia y de la OMS. Un estudio la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) publicado en junio de 2012 determina que los humos y partículas generados por los vehículos diésel son cancerígenos y que es necesario reducir la exposición de las personas a estas partículas en todo el mundo, para evitar los casos de cáncer de pulmón [IARC, 2012].

Finalmente, es importante mencionar que, de acuerdo con los SVCA y los inventarios de emisiones realizados en las principales ciudades del país, se ha identificado que el problema de contaminación del aire en Colombia está asociado principalmente a la presencia de partículas (PM_{10} y $PM_{2,5}$) contaminante que con mayor frecuencia excede la norma de calidad del aire y cuya emisión se atribuye prioritariamente a vehículos diésel, así como el carbono negro¹ (black carbon – BC). Estudios a nivel internacional han estimado que cerca del 40 % del PM_{10} corresponde a $PM_{2,5}$ y que de éste el 80 % corresponde a carbono negro.

1.3. FUENTES MÓVILES TERRESTRES

De conformidad con lo definido en el Decreto 1076 de 2015, Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible, establece en su artículo 2.2.5.2.3.2, la clasificación de fuentes contaminantes, las cuales pueden ser fijas o móviles; éstas últimas pueden ser aéreas, terrestres, fluviales y marítimas. El

¹ El carbono negro (componente principal del hollín) es un componente del material particulado, principalmente $PM_{2,5}$ que se produce durante la combustión incompleta de combustibles fósiles y biomasa. El carbono negro es un potente forzador climático con un potencial de calentamiento 900 a 3200 veces mayor que el dióxido de carbono (CO_2) por su capacidad de absorber energía para irradiarla como calor contribuyendo así al calentamiento de la atmósfera (ICCT, 2017). Además, el carbono negro proveniente de la combustión de diésel genera un riesgo a la salud significativo y ha sido catalogado como un componente carcinogénico para los seres humanos por la Organización Mundial de la Salud.

alcance del proyecto reglamentario son las fuentes móviles terrestres, las cuales de acuerdo con su diseño pueden ser para circulación en carretera o de uso fuera de carretera.

Las fuentes móviles terrestres de carretera que operan con combustible diésel son prioritariamente buses, busetas, microbuses, camiones, tractocamiones, maquinaria (de construcción, minera, industrial y agrícola)² y en términos generales vehículos de gran tamaño, cuya composición en Colombia se caracteriza por ser antigua.

De acuerdo con cifras de composición del parque automotor colombiano consolidadas por el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) para el año 2018, aproximadamente el 25 % del parque se encuentra constituido por tecnologías pre-euro, el 60 % corresponden a Euro II (las cuales exhiben niveles de contaminación de material particulado hasta 95 % mayores respecto de tecnologías EURO VI), mientras que tan solo el 15 % fue nacionalizado cumpliendo estándares de emisión equivalentes a EURO IV. Un dato importante para resaltar es que las fuentes móviles terrestres de tecnologías que cumplieran estándares de emisión correspondientes a Euro II, no son aplicables a nivel internacional desde el año 1998, es decir son tecnologías que desde hace 22 años no se encuentran vigentes [Minambiente, 2019].

Según la publicación “Estadísticas del sector transporte 2018” [Mintransporte, 2019], aproximadamente el 36,41 % (3'120.357 vehículos) del total del parque automotor liviano (automóviles, camperos y camionetas), corresponden a modelos de más de 17 años de uso, mientras que el 16,69 % tiene entre 10 y 16 años de uso. Así mismo, este documento permite establecer que el parque automotor del país asciende a 13'849.926 vehículos, excluyendo los clasificados como maquinaria (fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera).

En lo que respecta a las motocicletas, en los últimos años se ha evidenciado un alto crecimiento de la flota de motocicletas que conforman el parque automotor. Mientras que hasta el año 2002 ingresaron tan solo 1'218.437 motocicletas (15,26 %), entre 2002 y 2018 ingresaron 6'074.822, lo cual equivale al 76,1 % de la totalidad de esta forma de transporte.

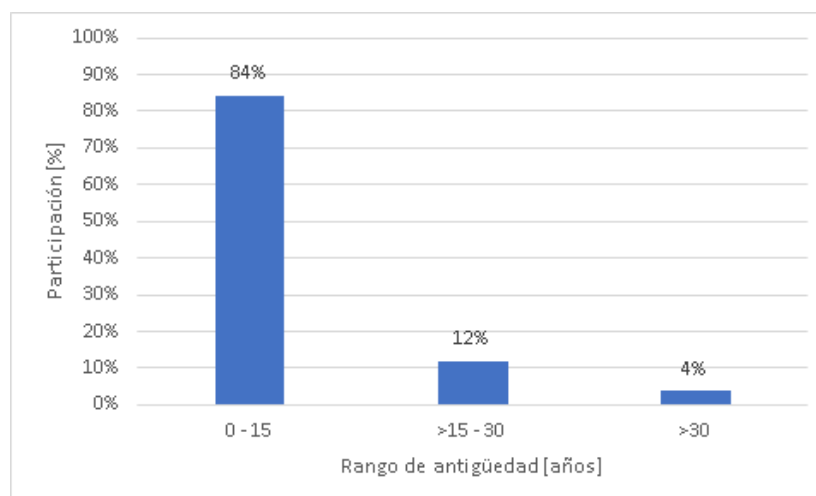
1.3.1. FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE USO FUERA DE CARRETERA

La información de flota de fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera se obtuvo a partir de la base de datos del Registro de Maquinaria Agrícola, Industrial y de Construcción Autopropulsada (RNMA) del RUNT y la base de datos de aduana de importación de maquinaria. Es necesario contemplar las dos bases de datos por cuanto el registro RNMA del RUNT, creado mediante el artículo 208 del Decreto-Ley 019 de 2012, aplica de manera obligatoria para una sección de subpartidas arancelarias desde su expedición. El registro de maquinaria importada antes del año 2012 fue establecido como voluntario, por lo tanto, se estima que el registro RNMA del RUNT tan sólo contiene el 59 % de las unidades de maquinaria de interés, cuando se compara la cantidad de unidades de maquinaria del RNMA con aquellas de reportes de aduanas para las mismas subpartidas arancelarias [Minambiente – CALAC+, 2020].

De las fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera al año 2018 en Colombia, el 84 % tiene entre 0 y 15 años de antigüedad, mientras que el 16 % tiene más de 15 años (Figura 1).

Figura 1. Porcentaje de representación en el conteo de las fuentes móviles de uso fuera de carretera por período de importación

² La maquinaria de construcción, minera, industrial y agrícola será referida de ahora en adelante con el término “fuente móvil terrestres de uso fuera de carretera”.



Fuente: Minambiente – CALAC+, 2020, elaborado a partir del RNMA del RUNT 2018.

El RNMA del RUNT establece una categoría en función del rubro en que sea usada cada una de las fuentes móviles de uso fuera de carretera, los cuales son: construcción, industrial o agrícola. Para el caso colombiano, el sector construcción representa el 58 % de las unidades registradas, entre tanto el sector agrícola representa el 24 % y el sector industrial el 18 %³. Por otro lado, de acuerdo con la información en el RNMA, el 91 % de la maquinaria funciona con diésel como combustible.

De las tipologías de maquinaria según la base de datos del RUNT, 16 de ellas agrupan el 95 % del total de la flota como se muestra a continuación:

Tabla 1. Tipos de maquinaria con mayor porcentaje de representación en el conteo de fuentes móviles de uso fuera de carretera.

Tipología RUNT	Participación	Participación acumulada
Tractor	21,1%	21,1%
Excavadora	17,3%	38,4%
Retroexcavadora	13,7%	52,1%
Montacargas	11,4%	63,6%
Minicargador	7,0%	70,6%
Cargador	6,0%	76,6%
Bulldozer	4,6%	81,2%
Vibrocompactadora	3,7%	84,9%
Motoniveladora	3,3%	88,3%
Cosechadora	2,0%	90,3%
Miniexcavadora	1,2%	91,5%
Compactador	1,1%	92,6%
Cargadora frontal	0,8%	93,4%
Dumper (volqueta articulada)	0,7%	94,1%
Retrocargador	0,5%	95,2%
Grúa	0,6%	94,7%

Fuente: Minambiente – CALAC+, 2020, elaborado a partir del RNMA del RUNT 2018.

³ La distribución de flota por rubro corresponde a la maquinaria registrada en el RNMA con año modelo 2018 o inferior.

La ciudad de Bogotá realizó una primera caracterización de la maquinaria de construcción en la ciudad en el año 2014 y 2018 basada en el Registro Distrital Automotor, el cual proporciona información de la maquinaria que se encuentra registrada ante la autoridad competente de movilidad. De acuerdo con la información de la Secretaría Distrital de Ambiente, a partir de este registro se encontró que entre el 83 % y el 88 % funcionan con combustible diésel para bases de 2014 y 2018 respectivamente. La caracterización evidenció que la maquinaria no cuenta con tecnología para reducir sus emisiones al aire, y al igual que en las fuentes móviles de carretera de carga pesada, se presenta una baja tasa de recambio de la flota derivando en maquinaria aún en operación con varias décadas de uso [SDA, 2019].

Para Bogotá, si bien el número de unidades de maquinaria representa menos del 0,05 % de la flota vehicular registrada, se estimó una contribución de cerca del 11 % del total de material particulado descargado por fuentes móviles en 2014, lo cual es significativo en materia de impacto sobre la calidad del aire [SDA, 2017].

Por otra parte, a nivel internacional, en Estados Unidos la maquinaria móvil de uso fuera de carretera representa cerca del 45 % del material particulado fino $PM_{2,5}$ y el 22 % de los óxidos de nitrógeno NO_x emitidos de fuentes móviles [EPA, 2017], mientras que, en la Unión Europea estos valores corresponden al 18% y 19% respectivamente [EEA, 2018].

1.3.2. FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE CARRETERA

Como se mencionó previamente, los SVCA y los inventarios de emisiones realizados en las principales ciudades del país, se ha identificado que el problema de contaminación del aire en Colombia está asociado principalmente a la presencia de partículas (PM_{10} y $PM_{2,5}$) contaminante que con mayor frecuencia excede la norma de calidad del aire y cuya emisión se atribuye prioritariamente a vehículos diésel, así como el carbono negro (black carbon – BC). Estudios a nivel internacional han estimado que cerca del 40 % del PM_{10} corresponde a $PM_{2,5}$ y que de éste el 80 % corresponde a carbono negro.

En el país, los inventarios de emisión de contaminantes al aire realizados por las autoridades ambientales en diferentes regiones del país señalan que las fuentes móviles son las principales generadoras de emisiones contaminantes con un aporte superior al 80 % y las fuentes fijas con un 20 %, por lo que el crecimiento y obsolescencia del parque automotor representa uno de los principales retos en la gestión integral de la calidad del aire en Colombia.

De acuerdo con el inventario de emisiones para fuentes móviles del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), el 36 % de las emisiones de $PM_{2,5}$ se atribuyen a camiones, el 22 % a volquetas y el 10 % a buses, los cuales en su mayoría corresponden a vehículos diésel. El 19 % de las emisiones se atribuyen a las generadas por motocicletas 4 tiempos que operan con gasolina. No obstante, es importante señalar que el 79 % de las emisiones de $PM_{2,5}$ corresponden al sector transporte, situación que toma relevancia teniendo en cuenta la exposición de las personas a las emisiones vehiculares.

De acuerdo con el Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá, el 44 % de las emisiones de partículas son emitidas por fuentes móviles a causa de ineficiencias en la combustión por malas prácticas de mantenimiento y/o uso de tecnologías obsoletas. Esta situación aumenta la probabilidad de afectar la salud de la población dada su cercanía a las fuentes de emisión.

De acuerdo con el documento de soporte para la modificación del Decreto 98 de 2011⁴, para el año 2013, el transporte público de pasajeros y el transporte de carga, que corresponden al 10 % del total de la

⁴ Por el cual se adopta el Plan decenal de descontaminación del aire para Bogotá"

flota, fueron responsables del 72 % de las emisiones, siendo los camiones los mayores aportantes con el 45 % [SDA, 2017].

Desde el año 2001 en Colombia se inició el programa de desintegración de vehículos de servicio público de transporte colectivo de pasajeros, en el cual todos los vehículos que cumpla su ciclo de vida útil (20 años), deben ser sometidos a un proceso de desintegración física. En el año 2008 se adicionó el programa de desintegración de vehículos de carga de más de 25 años y capacidad de carga superior a 10,5 Toneladas (Decreto 1079 de 2015).

A pesar de los esfuerzos del gobierno con medidas como el fondo de reposición de vehículos de carga, las tasas de renovación del parque automotor de Colombia siguen siendo muy bajas. Mediante la implementación de los programas de desintegración vehicular, en el país se logró la desintegración de 67.535 vehículos de servicio público en las ciudades de Bogotá, Barranquilla, Cali y Medellín entre los años 2010 y 2015. De acuerdo con las cifras presentadas en el CONPES 3759 de 2013, la desintegración de un total de 30.000 unidades, y adoptando una distribución entre reconocimiento económico y renovación del vehículo de 50/50 sería posible obtener una reducción de 1.400 toneladas de material particulado (PM) y 520.000 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) en un año, lo cual podría traducirse en beneficios económicos de \$5.500 millones [DNP, 2013].

Considerando que los inventarios de emisiones realizados por las autoridades ambientales señalan que el principal problema de emisiones tiene origen en las fuentes móviles terrestres y relacionando estos resultados con los efectos en la salud, al igual que los eventos de alta contaminación presentados en el Valle de Aburrá y la declaratoria de áreas fuente de contaminación atmosférica en Bogotá, la zona minera del Cesar y el mismo Valle de Aburrá, así como la baja renovación del parque automotor, se evidencia la necesidad de establecer unos niveles de emisión más estrictos y un control más exhaustivo sobre fuentes móviles de carretera.

1.4. PRUEBA DINÁMICA

Inicialmente se debe aclarar que la prueba dinámica no es la misma que se realiza en los Centros de Diagnóstico Automotor. La prueba dinámica ha sido diseñada para el muestreo, evaluación y verificación de cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión, para este caso de prototipos de fuentes móviles terrestres, dependiendo de su categoría vehicular, peso bruto vehicular y el tipo de motor de combustión empleado. Estas pruebas se basan en los ciclos definidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) o la Unión Europea, se practican en el país de origen y los límites de emisión establecidos dependen del tipo de prueba aplicado.

Para el caso de vehículos de encendido por chispa y de compresión en Colombia se encuentran vigentes los estándares de emisión correspondientes a Euro 2 y Euro IV respectivamente. Dichos estándares no se encuentran vigentes a nivel internacional desde hace 22 años para los vehículos de encendido por chispa y hace 15 años para los vehículos de compresión.

Por su parte la prueba estática, es la que se desarrolla en los CDA bajo metodologías diferentes a las aplicadas en una prueba dinámica, las cuales han sido definidas a través de normas técnicas colombianas y que se realizan con el fin de obtener el Certificado Revisión Técnico Mecánica y de Emisiones Contaminantes que es el documento que acredita ante las autoridades de tránsito y ambientales que el vehículo automotor cumple con los parámetros establecidos en las normas técnicas y regulatorias vigentes.

1.4.1. FUENTES MÓVILES DE CARRETERA

De conformidad con lo establecido en la Resolución 910 de 2008, modificada por la Resolución 1111 de 2013, los resultados de la prueba dinámica realizada a los vehículos prototipo en el país de origen, deben ser entregados a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) con el fin de que esta entidad apruebe el Certificado de Emisiones en Prueba Dinámica y Visto Bueno del Protocolo de Montreal.

El Certificado de Emisiones en Prueba Dinámica y Visto Bueno del Protocolo de Montreal, se define como el documento en el cual se consignan los resultados de la medición de contaminantes del aire, evaluadas mediante los procedimientos establecidos por peso vehicular, incluyendo las emisiones evaporativas, conforme a los métodos, ciclos o procedimientos establecidos en la norma nacional, provenientes de los vehículos prototipo seleccionados como representativos de los modelos nuevos que se importen, fabriquen o se ensamblen en el país. Este certificado es uno de los requisitos necesarios para adelantar los trámites de solicitud de registro y licencia de importación y la matrícula de fuente móvil ante los organismos de tránsito, entre otros.

El procedimiento para el ingreso de una fuente móvil terrestre de carretera al parque automotor se ha venido aplicando desde hace 12 años. Dada esta situación y los continuos cambios técnicos y modificaciones de las directivas y reglamentos internacionales contemplados en la Resolución 910 de 2008, modificada por la Resolución 1111 de 2013, se han generado dificultades en la evaluación para el otorgamiento del Certificado de emisiones en prueba dinámica (CEPD) y visto bueno del protocolo de Montreal, las cuales han sido manifestadas tanto por empresarios como por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

De otro lado, el cronograma de mejoramiento de combustibles definido en la Ley 1972 de 2019, así como la entrada en vigencia de nuevos límites máximos permisibles de emisión tanto para vehículos diésel como para motocicletas (Euro VI/6 y Euro 3, respectivamente), hace necesario que se incorporen en la propuesta normativa dichos límites en prueba dinámica de conformidad las fechas definidas en la Ley, incluyendo la actualización de estándares de emisión para los vehículos de encendido por chispa.

Es importante mencionar que desde el año 2015 los límites de emisión para las nuevas fuentes móviles terrestres de carretera de encendido por compresión (vehículos que operan con combustible diésel) corresponden a Euro IV/4, entre tanto para los vehículos de motor de encendido por chispa (vehículos que operan con combustible gasolina) los límites de emisión vigentes corresponden a Euro II/2 y han estado vigentes desde el año 2008.

Dado lo anterior la transición hacia los nuevos estándares de emisión definidos en la Ley 1972 de 2019, permitirá garantizar la incorporación de tecnologías vehiculares más eficientes y menos contaminantes al parque automotor colombiano.

De otro el Ministerio de Transporte⁵ ha permitido la circulación de vehículos sobre los cuales no se había considerado la definición de límites de emisión en prueba dinámica por parte de este Ministerio, como es el caso de cuatrimotos y cuadríciclos, lo que hace preciso definir acciones al respecto.

Sumado a lo anterior, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo expidió las Resoluciones 544 de 2017 y 524 de 2018, mediante las cuales se establecen una serie de condiciones y requisitos para la importación temporal de vehículos por lo que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible tuvo la necesidad de definir medidas sobre estos casos en particular, entre otros en respuesta a la solicitud de aclaraciones por parte del sector regulado.

Con respecto a los vehículos cero emisiones y eléctricos, los cuales no generan emisiones por tubo de escape, razón por la cual se encuentran excluidas del cumplimiento de las normas de emisión (Resolución 910

⁵ Resolución 3124 de 2014 y Resolución 160 de 2017.

de 2008, modificada por la Resolución 1111 de 2013), se hace exigible la solicitud del visto bueno del protocolo de Montreal dado que estos vehículos pueden estar dotados de aire acondicionado o sistemas de refrigeración. Esta exigencia en la actualidad se aplica para vehículos de combustión, pero no para vehículos eléctricos, lo cual lleva a la definición de este requisito en el proyecto normativo.

1.4.2. FUENTES MÓVILES DE USO FUERA DE CARRETERA

La normativa nacional relacionada con emisiones vehiculares a la fecha no ha contemplado la definición de límites de emisión para vehículos diseñados para circular fuera de carretera, de hecho, la incluye dentro de las excepciones del ordenamiento jurídico. En este sentido y una vez realizado un análisis con el apoyo de Swisscontact (Programa CALAC+) se han incorporado dentro del proyecto normativo límites máximos permisibles de emisión en prueba dinámica.

Para este fin se realizó un trabajo de construcción de flota de maquinaria y estimación de emisiones con línea base del año 2018 a través del Programa de la Cooperación Suiza Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina (CALAC+).

Los resultados de las emisiones de contaminantes atmosféricos, como fue mencionado anteriormente, se estimaron para el rango de potencias entre 19 kW y 560 kW de maquinaria que opera con motores de ignición por compresión. Se empleó la metodología sugerida para inventarios de Maquinaria Non-Road de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos US-EPA, la cual fue primero ajustada al contexto colombiano. A partir de la selección de unidades de maquinaria de interés, la modelación de desintegración de unidades y un reajuste de número de unidades al contrastar el registro RUNT con datos de aduanas, se estableció que la flota de maquinaria se compone de 78.915 unidades que funcionan a 2018 y fueron importadas entre los años 2004-2018.

Los resultados de las emisiones totales por contaminante y la proporción de aporte por rubro, indicaron que la maquinaria asociada a la construcción aporta poco más del 50 % de las emisiones. Los resultados de estimaciones de material particulado de la flota de maquinaria descrita indican aportes superiores a 1.700 toneladas de $PM_{2.5}$ al año y más de 23.000 toneladas de NO_2 al año, lo cual confirma la necesidad de incorporar estándares de emisión para estas fuentes que actualmente no están reguladas en materia ambiental en el país.

De otra parte, los resultados de las emisiones totales por tipología de fuente móvil terrestre de uso fuera de carretera (de acuerdo con descripción de maquinaria) muestran que dentro de la maquinaria agrícola se encuentra el mayor aporte de contaminantes que los tractores, bulldozer y cosechadoras. Los que más aportan a la emisión de contaminantes; para el caso de construcción son las retroexcavadoras, excavadoras, cargadores frontales y bulldozer; mientras que, para el caso de la industrial, son los minicargadores, manipuladores y cargadores frontales los que más aportan emisiones al aire.

Se realizó un análisis de distribución de emisiones asociado a los subsegmentos de flota con iguales atributos técnicos: rango de potencia, tipo de motor, tipo de maquinaria, nivel de emisiones y edad. Este proceso se realizó para cada contaminante y se agrupó por rango de potencia (entre 19 y 560 kW). Como era de esperar en todos los contaminantes, en general, las mayores emisiones están asociadas a rangos altos de potencia. Sin embargo, variables como modelo del equipo, factor de carga, nivel de actividad de la maquinaria, estándar de emisiones y consumo de combustible pueden influir también de manera significativa en el resultado de las emisiones generadas. [Minambiente – CALAC+, 2020].

1.5. PRUEBA ESTÁTICA

Como se mencionó previamente esta prueba es la que se desarrolla en los CDA bajo metodologías diferentes (aceleración libre) a las aplicadas en una prueba dinámica, las cuales han sido definidas a través de normas técnicas colombianas y que se realizan con el fin de obtener el Certificado Revisión Técnico Mecánica y de Emisiones Contaminantes que es el documento que acredita ante las autoridades de tránsito y ambientales que el vehículo automotor cumple con los parámetros establecidos en las normas técnicas y regulatorias vigentes.

El artículo 202 del Decreto-Ley 19 de 2012, “por el cual se dictan normas para suprimir o reformar regulaciones, procedimientos y trámites innecesarios existentes en la Administración Pública”, modifica el artículo 52 de la Ley 769 de 2002 ampliando el plazo de la primera revisión técnico mecánica y de emisiones contaminantes (evaluados mediante prueba estática) para todos los vehículos nuevos de servicio particular diferentes de motocicletas y similares a seis (6) años contados a partir de la matrícula.

Para el caso de los vehículos nuevos de servicio público, así como motocicletas y similares, la prueba al cumplir dos (2) años contados a partir de su fecha de matrícula. Esta situación puede incentivar la falta de mantenimiento de los vehículos durante estos periodos de tiempo, causando que no se realice o no sea el adecuado y en consecuencia, durante este periodo se puede generar el incumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión definidos en la normativa vigente.

Se ha identificado a través de la información reportada por los Centros de Diagnóstico Automotor (CDA) a las Autoridades Ambientales en cumplimiento de lo establecido en la Resolución 653 de 2006, que algunas de las prácticas de inspección aplicadas en estos centros (algunas relacionadas con presencia y límite de gobernador de velocidad -diésel-, entre otras) sumadas a inconsistencias técnicas (reporte de resultados al diámetro del tubo de escape -diésel) ocasionadas por el esquema de medición reglamentado en la actualidad, derivan en la aprobación de la prueba de emisiones de vehículos que en condiciones ideales de prueba no aprobarían.

De igual forma se debe tener en cuenta que la problemática ambiental generada por las emisiones contaminantes provenientes de las fuentes móviles terrestres está asociada principalmente a la tecnología que caracteriza el parque automotor, sumado a la insuficiencia de los procesos de desintegración de los vehículos obsoletos (altamente contaminantes), así como a deficientes prácticas de mantenimiento preventivo.

En cuanto a las fuentes móviles de uso fuera de carretera y tal como se señaló previamente, en la actualidad éstas se encuentran exentas del cumplimiento de la norma vigente asociada a fuentes móviles terrestres.

1.5.1. ESQUEMA DE MEDICIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR FUENTES MÓVILES DE CARRETERA REGLAMENTADO EN LA ACTUALIDAD (PRUEBA ESTÁTICA)

Una vez evaluada la información disponible (2'500.000 datos aproximadamente) de emisiones provenientes de fuentes móviles, la cual fue obtenida a través de distintas fuentes de información (Centros de Diagnóstico Automotor, Autoridades Ambientales, Laboratorios Ambientales, reportes de medición de vehículos nuevos), se evidenció que, para el caso de las fuentes móviles accionadas con motores diésel, tanto la unidad de reporte de resultados, como la variable de longitud estándar (diámetro de escape) introducen altos niveles de incertidumbre en los resultados de las pruebas realizadas por fuentes móviles accionadas con motores diésel realizadas con medidores de humo de flujo parcial (opacímetros).

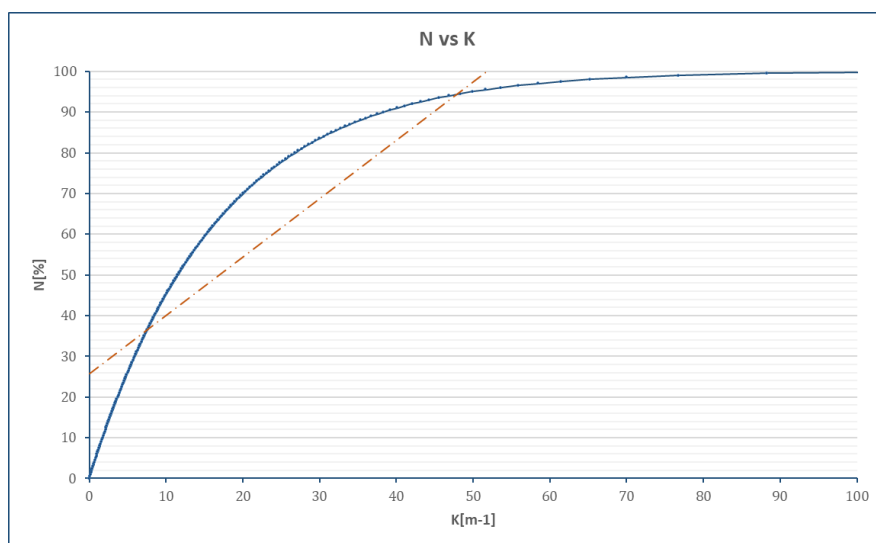
- Reporte de Resultados

Los opacímetros de flujo parcial⁶ tienen la capacidad de entregar los datos de medición en dos escalas interdependientes entre ellas, opacidad (N) y densidad de humo (K). Sin embargo, la relación matemática que las vincula (Ley de Beer Lambert) es de carácter no lineal, por lo que el comportamiento de la variable de salida no es homogéneo en toda la escala de medición.

El problema fundamental radica en que el 100 % de ambas escalas no es equivalente bajo el esquema estandarizado en la actualidad. De esta manera dependiendo de la configuración de fábrica y programación del medidor de humos, la repetibilidad de los ensayos (pruebas de emisiones) entre instrumentos de medición de distintos fabricantes no se encuentra garantizada en los niveles mínimos de confianza.

Para ilustrar esta situación, en la siguiente figura se presenta el comportamiento de las variables interdependientes y enfatiza en la no equivalencia de las escalas de medición para el esquema de reporte de resultados reglamentado en la actualidad. Adicionalmente se presenta la ecuación de la función logarítmica que relaciona la opacidad con la densidad de humo en el instrumento de medición.

Figura 2. Ilustración de la relación Beer Lambert



*L=60mm para la gráfica

Fuente: Minambiente, 2019.

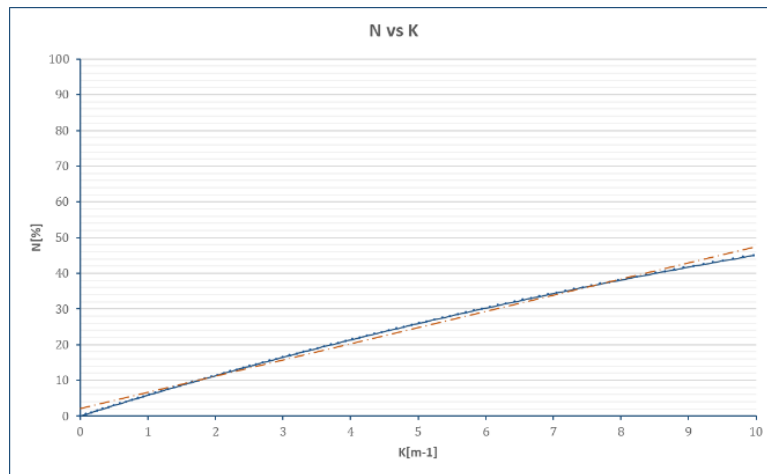
$$K = -\frac{1}{L} * \ln \left(1 - \frac{N}{100}\right)$$

Ecuación 1 [Ley de Beer Lambert]

Como se aprecia en la figura, aproximadamente para el 75 % de la escala de K, se ha alcanzado el 98 % de la escala de opacidad. Esta condición genera conflictos de repetibilidad entre instrumentos debido a las condiciones de fábrica de los equipos de medición toda vez que, para todos los opacímetros conocidos en el mercado colombiano, el rango de N es 0 % – 100 %, mientras que, para el caso de la densidad de humo dependiendo las marcas de fabricantes el rango de medición de K puede ser: [0-9,99 m⁻¹], [0-32 m⁻¹]. En este sentido, la relación se encuentra truncada en los valores de 32 m⁻¹ y 9,99 m⁻¹ dependiendo del fabricante del equipo de medición, como se ilustra en las siguientes figuras:

⁶ Empleado en la medición de emisiones de vehículos con motor de encendido por compresión (diésel).

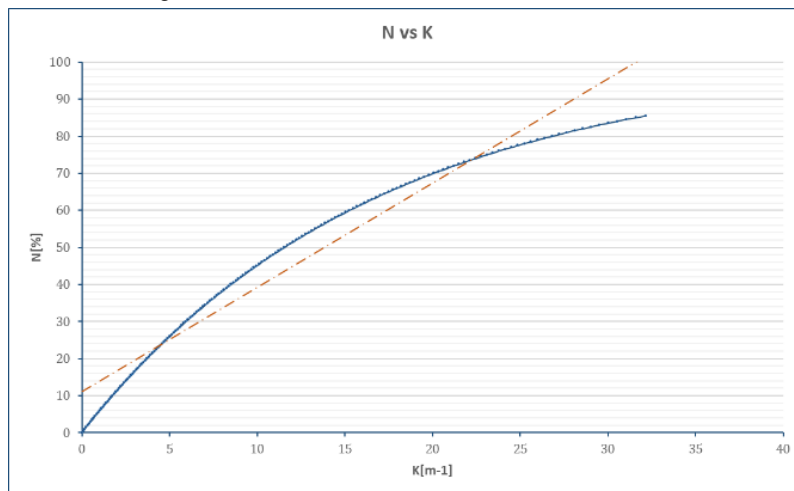
Figura 3. Escala medidor con rango K [0 – 9,99 m⁻¹]



*L=60mm para la gráfica

Fuente: Minambiente, 2019.

Figura 4. Escala medidor con rango K [0 – 32 m⁻¹]



*L=60mm para la gráfica

Fuente: Minambiente, 2019.

De esta manera se observa que para valores de 9,99 m⁻¹ y 32 m⁻¹, el valor máximo de opacidad que el equipo de medición se encuentra en capacidad de reportar es de 45 % y 85 % respectivamente. Esta situación afecta los resultados de las mediciones realizadas en los centros de diagnóstico automotor y operativos de control en vía.

De otro lado, al realizar una comparación de esta escala de medición con los límites máximos permisibles establecidos, se evidencia la incompatibilidad del esquema de medición con los estándares toda vez que el límite más restrictivo en la categoría de año modelo más antigua es de 50 % en opacidad, lo cual equivale al total de la escala (un humo completamente oscurecido) visto desde el rango de medición de K para los casos presentados en la Figura 3 y Figura 4.

Bajo esta premisa, se requiere ajustar el esquema de medición y reporte de resultados reglamentado en la actualidad, de tal manera que se garantice que, sin perjuicio de las condiciones de diseño de los equipos, las pruebas de análisis de humos puedan efectuarse de una manera repetible.

Para ello, se plantea la alternativa de modificar la unidad de reporte de resultados, para que sea densidad de humo K (m^{-1}) y no porcentaje de opacidad (%). Así mismo, se debe sugerir nuevos estándares o límites máximos de emisión, evaluados en la nueva escala de medición.

Para ello, se plantea la alternativa de modificar la unidad de reporte de resultados, para que sea densidad de humo K (m^{-1}) y no porcentaje de opacidad (%). En consecuencia, se debe sugerir nuevos estándares o límites máximos de emisión, evaluados en la nueva escala de medición; sin embargo, de acuerdo a lo presentado en la Ecuación 1, el comportamiento de la función logarítmica que relaciona K y N , se encuentra determinado por la variable L , la cual corresponde a la longitud que recorre el haz de luz del equipo de medición y que es interceptado por la columna de humo que se está analizando; la variable L es una condición de diseño de fabricante y varía según la marca.

Dado lo anteriormente expuesto, en Colombia se dispuso que todos los equipos de medición deben reportar los resultados de opacidad a un mismo estándar o Longitud equivalente (LTOE) el cual en la actualidad corresponde al diámetro del tubo de escape del vehículo objeto de prueba.

El diámetro del tubo de escape debe medirse por parte del inspector que realiza la prueba y debe ingresarse manualmente al software que realiza el cálculo de valor final de opacidad. A su vez este resultado se compara con los límites permisibles para determinar la aceptación o rechazo del vehículo en prueba.

Se ha evidenciado mediante el análisis de bases de datos, que ésta es una práctica que puede tener asociado un error humano y condiciona un 100 % el resultado final obtenido, lo que introduce un alto nivel de incertidumbre a los resultados de la prueba. De allí surge la segunda problemática identificada, asociada a la variable o longitud estándar (LTOE), la cual se describe a continuación.

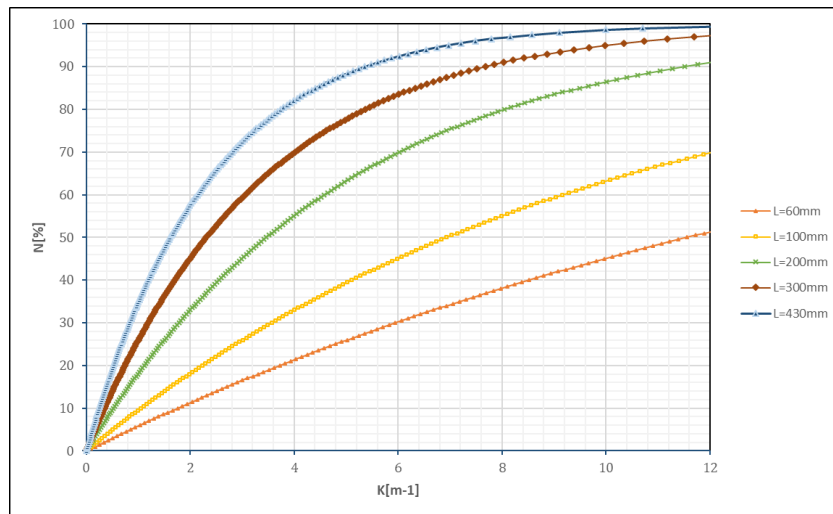
- Longitud Estándar para Cálculo de Resultados

Como se mencionó previamente, en Colombia se utiliza la longitud medida del diámetro del tubo de escape vehicular, como estándar de reporte de resultados de opacidad. Sin embargo, de acuerdo con la relación logarítmica descrita en la ecuación 1, el comportamiento de los datos de salida se encuentra determinado por la longitud L . Para ilustrar este comportamiento, en la siguiente gráfica se presenta un ejemplo de cómo para un mismo valor de K (densidad de humo) se presentan valores diferentes de N (opacidad) a la salida, dependiendo del valor de L que se configure. De igual manera, se expone que existe un valor de longitud L para el cual, realmente se presenta una correspondencia entre el valor máximo de la escala de Densidad de Humo [K] y el valor máximo de la escala de Opacidad (N).

En la Figura 5 se aprecia como varía el comportamiento de la opacidad en función de la longitud L , que para el caso colombiano en la actualidad corresponde a la longitud diámetro del tubo de escape del vehículo en prueba.

En este sentido es posible inferir que cuanto mayor es el diámetro del tubo de escape, se obtendrá resultados más altos de opacidad para un mismo valor de densidad de humo K . Teniendo en cuenta que en la actualidad los límites máximos permisibles se encuentran establecidos en función de la antigüedad de los vehículos y no de la longitud de su tubo de escape (lo cual se asocia a la potencia del vehículo en la norma internacional en la cual se basó el desarrollo de la norma nacional), se evidencia la necesidad de estandarizar un esquema de reporte diferente, asociado a límites permisibles consecuentes con el método de medición y con las categorías de peso/tamaño vehicular que para el caso de los vehículos diésel, se encuentra directamente relacionado con la potencia o desplazamiento del motor.

Figura 5. Relación N, K, L



Fuente: Minambiente, 2019.

Para ello, se plantea la alternativa de reglamentar una longitud de reporte estándar de 430 mm, la cual deberá ser integrada de manera automática al software de operación para suprimir la incertidumbre que induce el error humano al momento de digitar el valor del diámetro de escape. Esta alternativa se fundamenta en la información presentada en la Figura 5, en la que se aprecia que, para una longitud de reporte estándar de 430 mm se genera una correspondencia entre el 100 % de la escala de opacidad y el 100 % de la escala de K. Adicionalmente, esta iniciativa responde a estándares internacionales aplicados en países de Latinoamérica según norma ISO11614.

- Estudios realizados

La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) durante 2010 y 2011 realizó un estudio con la Universidad Nacional, en el cual se realizó la medición de opacidad a más de 5000 vehículos en la ciudad de Bogotá utilizando una longitud de reporte de 430 mm. De este estudio se obtuvo nuevos estándares de emisión reportados a una longitud estándar de 430 mm los cuales fueron socializados en septiembre de 2011 con el sector automotor y en el mes octubre del mismo año el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible realizó ajustes a los estándares propuestos, integrando a los mismos los comentarios de las asociaciones interesadas, entre otras ANDI y de FENALCO.

Posteriormente, por solicitud de FENALCO, el Ministerio realizó con ayuda de la SDA una campaña de medición de opacidad en vehículos nuevos. Adicionalmente, con fondos del Banco Mundial se contrató un estudio con la UN que permitiera ampliar el estudio inicial realizado en Bogotá a una escala nacional. De esta iniciativa, se obtuvo mediciones de opacidad reportada a 430 mm para las ciudades de Medellín, Cali, Bucaramanga y Barranquilla.

Con base en estos resultados, en el año 2014 se formuló una propuesta de modificación de la Resolución 910 de 2008, mediante la cual se buscaba actualización del límite máximo de emisión permisible para motocicletas y vehículos diésel, para lo cual se desarrolló un diagnóstico inicial con base en operativos realizados en vía y campañas de medición en concesionarios para verificar el cumplimiento con los estándares establecidos, considerando la existencia de un combustible diésel con mejores características de calidad en los principales centros urbanos del país.

Para el caso de las motocicletas, la SDA, realizó dos estudios de evaluación de emisiones de esta tipología vehicular. El primero enfocado al análisis de la aplicación de las estrategias planteadas en el plan de descontaminación para motocicletas de 4 tiempos y el segundo, en la evaluación de sistemas de control de emisiones para motocicletas de 2 y 4 tiempos.

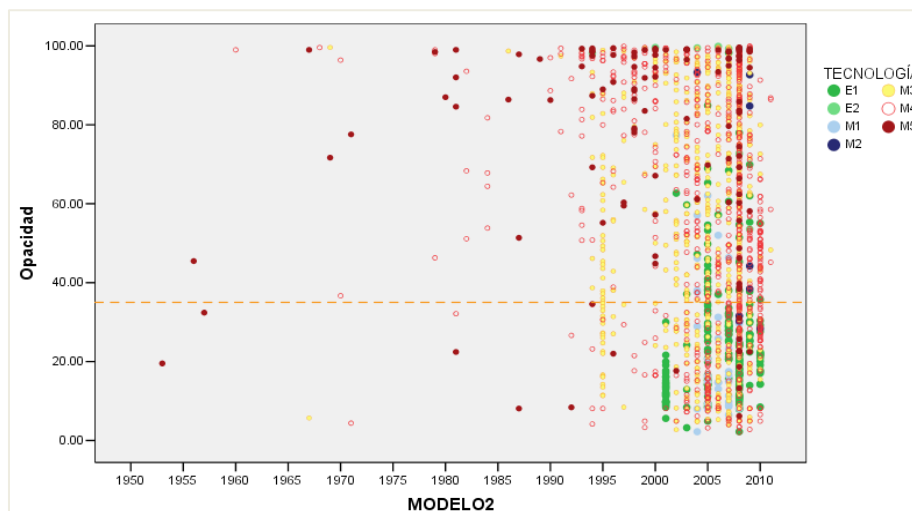
Posteriormente, se analizó la información obtenida de estos estudios, la información de las mediciones en prueba estática, enviada por los comercializadores, representantes de marca, importadores y ensambladores correspondiente al 25 % de cada modelo comercializado y la información generada en Centros de Diagnóstico Automotor (CDA) referente a las mediciones realizadas durante la Revisión Técnico Mecánica y de Emisiones Contaminantes, reportada periódicamente a autoridades ambientales.

Con base en este análisis se desarrolló la propuesta de los nuevos límites máximos de emisión permisibles para motocicletas y de un nuevo estándar de emisión permisible para vehículos diésel, en términos de densidad de humo, teniendo en cuenta el año modelo de la flota vehicular (tecnología) y el cilindraje.

Para el análisis inicial se dividió la muestra en grupos de año modelo en concordancia con la reglamentación de ingreso de tecnologías EURO al país. Del análisis de las mediciones realizadas se obtienen las siguientes conclusiones:

- i) el mantenimiento preventivo periódico aplicado a algunas flotas cautivas, influye de manera positiva en los resultados de opacidad de los vehículos, toda vez que, vehículos automotores con las mismas características tecnológicas y de kilometraje exhiben resultados de opacidad menores en los casos reportados de mantenimiento preventivo obligatorio, en comparación con los casos que no reportaron prácticas frecuentes de mantenimiento preventivo (ver Figura 6);
- ii) se apreciaron diferencias en el valor de la opacidad según el tamaño del motor (cilindraje);
- iii) se observó una dependencia del valor de la opacidad respecto a la tecnología vehicular (año modelo), en este sentido, aquellos vehículos con sistemas de inyección electrónica o mecánica con intercooler, sistemas de poscombustión y turbo-alimentación, presentaron menores emisiones que aquellos que no los poseían. Tras un análisis sobre cada tipo de flota se evidenció que la flota vehicular diésel de la ciudad de Bogotá, cuenta con vehículos de poca edad, pero no con la mejor tecnología disponible.

Figura 6. Resultado del estudio realizado por la Universidad Nacional



De igual forma se realizaron mesas técnicas de socialización y ajuste a la propuesta normativa con base en los insumos aportados por las autoridades ambientales, el IDEAM, el Ministerio de Salud y Protección Social

en el marco de la Comisión Nacional de Salud Ambiental (CONASA), la ANLA y las agremiaciones AsoCDA, ANDI, Fenalco y Andemos.

1.5.2. ESQUEMA DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR FUENTES MÓVILES DE USO FUERA DE CARRETERA EN USO

Las normas vigentes tienen una excepción a las fuentes móviles de uso fuera de carretera. Actualmente no existe ningún referente para la verificación de cumplimiento de emisiones para aquellas que estén en uso, por lo que se definió la aplicación de la escala de Ringelmann.

2. ANTECEDENTES NORMATIVOS

2.1. LEY 99 DE 1993

Es función del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible entre otros:

- Regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del entorno o del patrimonio natural;
- Determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general sobre medio ambiente a las que deberán sujetarse los centros urbanos y asentamientos humanos y las actividades mineras, industriales, de transporte y en general todo servicio o actividad que pueda generar directa o indirectamente daños ambientales.
- Dictar regulaciones de carácter general tendientes a controlar y reducir las contaminaciones geosférica, hídrica, del paisaje, sonora y atmosférica, en todo el territorio nacional.
- Definir y regular los instrumentos administrativos y mecanismos necesarios para la prevención y el control de los factores de deterioro ambiental y determinar los criterios de evaluación, seguimiento y manejo ambientales de las actividades económicas;
- Establecer los límites máximos permisibles de emisión, descarga, transporte o depósito de sustancias, productos, compuestos o cualquier otra materia que pueda afectar el medio ambiente o los recursos naturales renovables.

2.2. LEY 1955 DE 2019 (PND 2018-2019)

Establece que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible actualizará los estándares de emisión de fuentes móviles hasta llegar a EURO VI/6, para mejorar la calidad del aire y prevenir los impactos en la salud pública para el caso de las fuentes móviles terrestres de encendido por compresión y a Euro IV/4 para los vehículos de encendido por chispa que operan con gasolina.

2.3. LEY 1972 DE 2019

"Por medio de la cual se establece la protección de los derechos a la salud y al medio ambiente sano estableciendo medidas tendientes a la reducción de emisiones contaminantes de fuentes móviles y se dictan otras disposiciones".

La citada Ley establece lineamientos específicos para la reducción de las emisiones generadas por fuentes móviles, entre los que se destaca la exigencia de cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes al aire correspondientes a tecnologías Euro VI/6 para los vehículos que operan con combustible diésel (encendido por compresión) a partir del año 2023, así como la exigencia de cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes al aire correspondientes a tecnologías Euro 3 para las motocicletas a partir del año 2021.

2.4. DECRETO ÚNICO REGLAMENTARIO DEL SECTOR AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (DECRETO 1076 DE 2015)

Este decreto establece que corresponde al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el marco de sus competencias, en relación con la calidad y el control a la contaminación del aire, debe definir la política nacional de prevención y control de la contaminación del aire; establecer las normas ambientales mínimas y los estándares de emisión máximos permisibles, provenientes de toda clase de fuentes contaminantes del aire; homologar los instrumentos de medición y definir la periodicidad y los procedimientos técnicos de evaluación de la contaminación del aire, que utilicen las autoridades ambientales, entre otros.

Para la circulación de vehículos automotores se requerirá además una certificación del cumplimiento de las normas de emisión en condiciones de marcha mínima o ralentí y de opacidad, según los procedimientos y normas que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establezca.

2.5. RESOLUCIÓN 910 DE 2008

Esta resolución reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, tanto para su importación, fabricación o ensamble, así como para su circulación y las excepciones del cumplimiento de las medidas allí contenidas, entre las que se encuentran las fuentes móviles de uso fuera de carretera.

La Resolución 910 de 2008 fue modificada mediante la Resolución 1111 de 2013, la cual se expide con el propósito de establecer niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes de toda fuente móvil que opera con combustible diésel, el cual a partir del 31 de diciembre de 2012 se distribuye en el país con un contenido de azufre no superior a 50 ppm.

El mejoramiento del combustible posibilitó la exigencia de estándares de emisión más estrictos para todos los vehículos con motor de encendido por compresión (ciclo diésel) que fueran a transitar o circular por el país. Estos estándares se hicieron exigibles con la expedición de la Resolución 1111 de 2013, la cual entró en vigor el 1º de enero de 2015. Actualmente la norma de emisiones para vehículos diésel corresponde a Euro IV que emite 87 % menos de partículas en comparación con la tecnología (Euro II) que prevalece en el país.

Con la Resolución 910 de 2008 y la Resolución 1111 de 2013 han posibilitado la actualización progresiva de los estándares de emisión vehicular en el país y en este sentido la incorporación de nuevas tecnologías al parque automotor.

2.6. RESOLUCIÓN 3124 DE 2014 Y RESOLUCIÓN 160 DE 2017

El Ministerio de Transporte a través de las Resoluciones 3124 de 2014 y 160 de 2017, ha autorizado el ingreso de nuevas categorías vehiculares al país como cuatrimotos y cuadriciclos entre otros, para su circulación en vía públicas, lo que generan la necesidad de establecer estándares de emisión para los vehículos de estas características que ingresan al parque automotor nacional y que en la actualidad no cuentan con

límites permisibles en prueba dinámica, lo que genera la necesidad de establecer los reglamentos respectivos en materia de emisiones.

3. ASPECTOS TÉCNICOS – DESARROLLO NORMATIVO

3.1. DISPOSICIONES GENERALES.

El objeto de la norma es los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes que deben cumplir las fuentes móviles terrestres (de carretera o de uso fuera de carretera), reglamenta los requisitos y certificaciones a las que están sujetas, sean estas fabricadas, ensambladas o importadas y adopta otras disposiciones.

Así mismo, se establecen unas excepciones al cumplimiento de la norma, entre las que se encuentran:

- Las declaradas por la autoridad de tránsito como vehículos antiguos o clásicos.
- Las importaciones temporales establecidas en las Resoluciones 544 de 2017 y 524 de 2018 proferidas por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.
- Las fuentes móviles de uso fuera de carretera destinadas exclusivamente a labores agrícolas, así como aquellas que operen con combustibles diferentes a diésel y las que operen de encendido por compresión cuya potencia nominal sea menor a 19 kW o superior a 560 kW.
- El transporte férreo.
- Los chasises cuyo destino final sean los mercados externos, es decir cuando se trate de importación temporal, de conformidad con lo establecido en la Resolución 524 de 2018 del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.
- Los vehículos cero emisiones o eléctricos. No obstante, se deberá obtener el Visto Bueno del Protocolo de Montreal cuando utilicen sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

En el caso de las fuentes móviles de uso fuera de carretera se contemplan tres excepciones, cuyas razones de exclusión se presentan a continuación:

- A. Las fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera destinadas exclusivamente a labores agrícolas. Se excluyen en concordancia con las recomendaciones expuestas por el Comité de Asuntos Aduaneros, Arancelarios y de Comercio Exterior en sesión 298 del 26 de agosto de 2016, ratificada en sesión 314 del 02 de mayo de 2019, en las cuales se aprobó la rebaja arancelaria a cero por ciento (0 %) para la importación de maquinaria usada del ámbito agrícola.

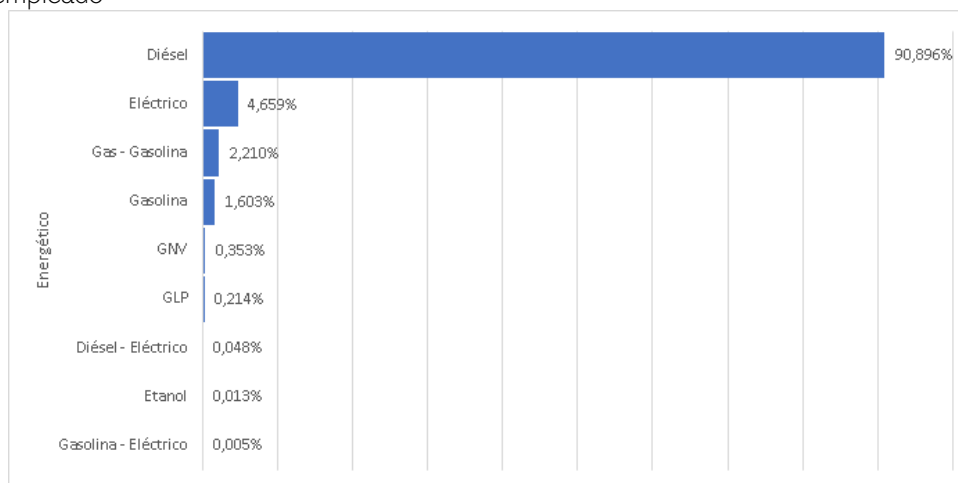
En este sentido, el Decreto 1460 de 2019 del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo acogió el mencionado concepto y cito en la parte considerativa lo siguiente: "...el Comité de Asuntos Aduaneros, Arancelarios y de Comercio Exterior, emitió su recomendación teniendo en cuenta que una de las estrategias del sector productor para la sostenibilidad de la actividad agrícola nacional es mejorar la seguridad alimentaria, a través de la tecnificación y modernización en sus procesos con maquinaria agrícola a un menor costo, toda vez que Colombia es deficitario en la producción de esta maquinaria. Asimismo, se contempló que el ingreso de la maquinaria con arancel del cero por ciento (0 %), beneficiaría a todos los sectores de la agricultura, repercutiendo en la mejora de los niveles de producción de alimentos en el país".

Por lo anterior, en lo referente al presente documento de soporte normativo, se considera que incluir la exclusión de la maquinaria agrícola en la resolución que se sustenta, evita por el momento, cualquier

carga de costo adicional con ocasión de cambios en tecnología de emisiones que puedan interferir con el interés nacional de seguridad alimentaria.

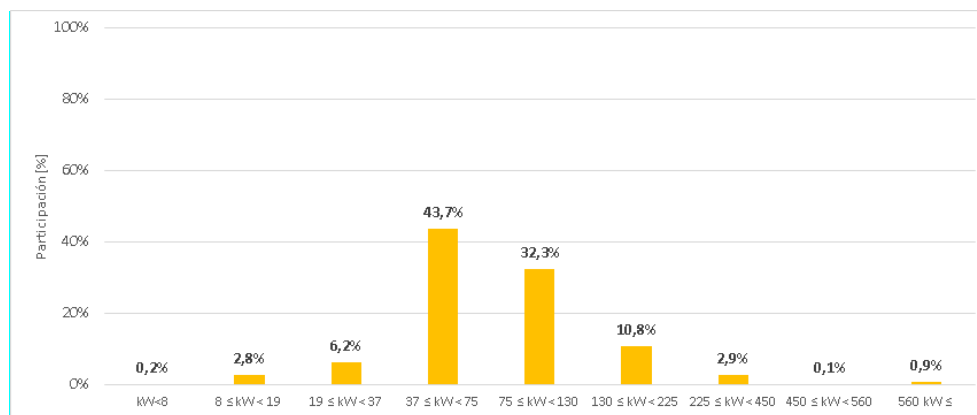
- B. Fuentes móviles de uso fuera de carretera que operen con combustibles diferentes a diésel. Las fuentes móviles de uso fuera de carretera a diésel representan más del 90 % de las unidades de maquinaria en Colombia y es éste el combustible catalogado como cancerígeno para humanos por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer [IARC, 2012]. Los demás combustibles o fuentes de energía presentan una menor representatividad (Ver figura 7).
- C. Fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera que operen de encendido por compresión cuya potencia nominal sea menor a 19 kW o superior a 560 kW (Figura 8). La selección de los rangos de potencia objeto de reglamentación se realizó teniendo en cuenta que el 95 % de las fuentes móviles de uso fuera de carretera se encuentran entre 19 y 560 kW (Figura 8) y que a nivel mundial este rango de potencias es el mayormente regulado, lo cual favorece la armonización de mercado ante una normativa de emisiones para este tipo de fuentes.

Figura 7. Porcentaje de representación en el conteo de fuentes móviles de uso fuera de carretera por energético empleado



Fuente: Minambiente – CALAC+, 2020, elaborado a partir del RNMA del RUNT 2018.

Figura 8. Porcentaje de representación en el conteo de fuente móviles de uso fuera de carretera por rangos de potencia



Fuente: Minambiente – CALAC+, 2020. Elaborado a partir del RNMA del RUNT 2018.

3.2. EMISIONES EN PRUEBA DINÁMICA

3.2.1. CERTIFICADO DE EMISIONES EN PRUEBA DINÁMICA (CEPD) Y VISTO BUENO POR PROTOCOLO DE MONTREAL

El proyecto normativo mantiene el requerimiento definido en la Resolución 910 de 2008 para la obtención del Certificado de Emisiones en Prueba Dinámica (CEPD) y Visto Bueno del Protocolo de Montreal, el cual aplica para las fuentes móviles que se vayan a fabricar, ensamblar o importar para su circulación por el territorio nacional. De acuerdo con lo establecido en las normas vigentes, el otorgamiento de dicho certificado se sujetará al procedimiento previsto en la Ley 1755 de 2015.

Por lo anterior, deberá presentarse ante la ANLA, debidamente diligenciado el formato establecido en el anexo 2 del proyecto normativo, junto con la totalidad del reporte técnico de la prueba o ensayo en su versión original y los demás documentos y certificaciones del fabricante aplicables y que sean requeridos para el trámite en idioma español.

Es de tener en cuenta que con el formato único (Anexo 2) de solicitud del Certificado de Emisiones en Prueba Dinámica (CEPD) y Visto Bueno del Protocolo de Montreal se unifican los que se encuentran vigentes en la Resolución 910 de 2008, modificada por la Resolución 1111 de 2013, el cual aplicará para todos los vehículos nuevos.

Sumado a lo anterior se establece un formato (Anexo 3) de solicitud del Certificado de Emisiones en Prueba Dinámica (CEPD) y Visto Bueno del Protocolo de Montreal para fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera.

El reporte técnico del ensayo o prueba dinámica a presentar para la obtención del Certificado de Emisiones en Prueba Dinámica (CEPD) y Visto Bueno del Protocolo de Montreal, deberá ser expedido por un laboratorio de pruebas y ensayos acreditado de reconocimiento internacional, el cual debe contener como mínimo la siguiente información:

- a. Lugar y fecha de expedición del reporte técnico.
- b. Nombre del laboratorio u organismo que expide el reporte técnico.
- c. Número consecutivo o codificación del reporte técnico de la prueba o ensayo.
- d. Marca de la fuente móvil terrestre o del motor sujeto a la prueba, según el caso.
- e. Nombres de los modelos y/o las variantes cubiertas por la prueba.
- f. Descripción de los atributos generales de la fuente móvil terrestre evaluada en la prueba, correspondiente a los caracteres 4 al 8 del VIN. En caso de que la descripción de los atributos generales de la fuente móvil que se va a fabricar, ensamblar o importar sea diferente a la descrita en el reporte técnico, se deberá presentar una certificación expedida por el fabricante que relacione los caracteres 4 al 8 del VIN con el reporte técnico y que permita identificar a qué hace alusión cada uno de los caracteres.
- g. Clasificación de la fuente móvil terrestre.
- h. Código del motor, cilindrada y descripción del sistema de alimentación de combustible. En caso de que el reporte técnico sea una certificación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos o de la Junta de Recursos del Aire de California (CARB), en lugar del código del motor, se debe describir el código de grupo de prueba.

- i. Sistemas de transmisión.
- j. Sistemas y dispositivos de control de emisiones.
- k. Valores obtenidos durante la prueba o ensayo, relacionados con las emisiones de contaminantes. Estos deberán incluir sus respectivos factores de deterioro en los casos que aplique de acuerdo con las normas americanas o europeas bajo la cual se realice la prueba.
- l. Valores obtenidos durante la prueba o ensayo de emisiones evaporativas medidas en las fuentes móviles terrestres de carretera que cuenten con motor de encendido por chispa que funcionan con gasolina.
- m. Valores obtenidos durante la prueba o ensayo del consumo de combustible, el cual puede ser soportado en reportes técnicos diferentes al de emisiones, siempre y cuando estos puedan relacionarse y los resultados hayan sido obtenidos de conformidad con la normativa americana o europea aplicable de acuerdo con el estándar que corresponda a la solicitud.
- n. Tipo de combustible.
- o. Potencia neta del motor cuando se trate de fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera.
- p. Inercia equivalente del vehículo prototipo evaluado y valores de potencia o fuerza absorbida por el freno del dinamómetro, para el caso de vehículos completos.

Para el caso de las pruebas sobre motores con destino a fuentes móviles terrestres de carretera y de uso fuera de carretera no aplica la información de los literales i, g y f.

Es importante señalar que los laboratorios que expidan los reporte de las pruebas o ensayos acreditado por organismos de acreditación que cuenten con reconocimiento internacional o por una autoridad competente y en caso de que el laboratorio sea del fabricante, el reporte debe ser expedido por laboratorio o servicio técnico independiente del fabricante.

El Certificado de Emisiones en Prueba Dinámica (CEPD) se deberá solicitar nuevamente cuando la familia de vehículos o motores que ya ha sido certificada modifique las especificaciones del modelo comprendidas en el certificado inicial y/o que los resultados de sus emisiones hayan cambiado, cuando se establezcan nuevos niveles permisibles de emisión de contaminantes para fuentes móviles terrestres en prueba dinámica y la familia de vehículos o motores que haya sido certificada no cumpla con los nuevos niveles permisibles o cuando los titulares del certificado vayan a cambiar; en estos casos el CEPD inicial perderá vigencia. Cuando las modificaciones realizadas no impliquen cambio de las emisiones se deberá allegar información que permita su verificación.

3.2.2. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN EN PRUEBA DINÁMICA

3.2.2.1. Fuentes móviles terrestres de carretera con motor de encendido por compresión

El mejoramiento de los combustibles es la clave para la adopción de tecnologías vehiculares más avanzadas de control y consumo de combustibles que permiten la reducción de emisiones generadas por fuentes móviles.

En este marco, es importante señalar que con la expedición de la Ley 1205 de 2008, el Gobierno Nacional definió el mejoramiento progresivo del diésel, para lo cual se declaró de interés público colectivo, social y de conveniencia nacional ajustar dicho combustible a estándares internacionales que indican que dichos niveles deben ser inferiores a 50 partes por millón (ppm), para minimizar el impacto ambiental negativo, con el propósito de mejorar la calidad de vida y garantizar el derecho constitucional al goce de un ambiente sano, iniciando el proceso en el transporte público de pasajeros.

De acuerdo con el cronograma de mejoramiento del diésel definido en la citada ley, se expidió la Resolución 2604 de 2009 que establece los combustibles más limpios y adoptaba límites máximos de emisión permisible en prueba dinámica más estrictos para vehículos que se vinculen al servicio de transporte público de transporte terrestre de pasajeros y para motocarros que presten este mismo servicio.

A partir del 31 de diciembre de 2012 se inició la distribución de diésel con contenido de azufre de 50 ppm en todo el territorio nacional, razón por la cual se expidió la Resolución 1111 de 2013 que adoptaba límites de emisión en prueba dinámica más estrictos para la totalidad de la flota diésel del país, los cuales corresponden a estándar Euro IV, acordes con el combustible distribuido (50 ppm en contenido de azufre). Esta resolución comenzó a regir a partir de 1 enero de 2015 y continúa vigente hasta la fecha.

En este mismo sentido, la Ley 1972 de 2019 establece un cronograma de mejoramiento y distribución de combustible diésel en el país hasta llegar a 10 ppm en contenido de azufre a partir del 1° de enero de 2023, como se aprecia en la siguiente tabla:

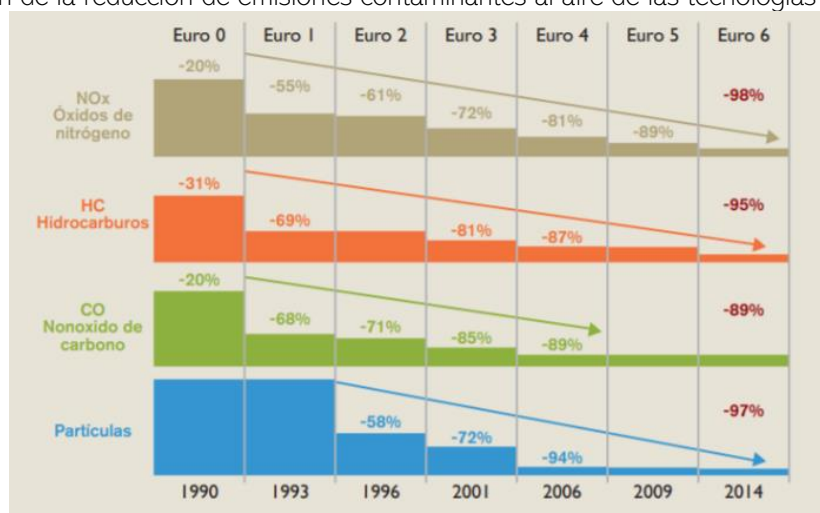
Tabla 2. Tabla artículo 3° de la Ley 1972 de 2019.

Combustible	Contenido de Azufre	Fecha de cumplimiento
Diésel	15 – 10 ppm	1° de enero de 2023
	10 ppm	1° de enero de 2025

La ley en mención también señala que los “vehículos nuevos con motor ciclo diésel que se fabriquen, ensamblen, o importen al país”, tendrán cumplir los límites máximos permisibles de emisión correspondientes a Euro VI/6 a partir del 1° de enero de 2023, en concordancia con la entrada del combustible diésel de 15 ppm en contenido de azufre. Hasta entonces seguirán vigentes los estándares de emisión aplicables en la actualidad equivalentes a Euro IV/4.

Dado lo anterior la propuesta normativa establece los límites máximos permisibles de emisión correspondientes a Euro VI/6, estableciendo una equivalencia con el estándar de Estados Unidos EPA 2010 y los ciclos de prueba bajo los cuales deben ser evaluados los vehículos con motor de encendido por compresión, trayendo consigo beneficios sustanciales en emisiones contaminantes.

Figura 9. Evolución de la reducción de emisiones contaminantes al aire de las tecnologías EURO.

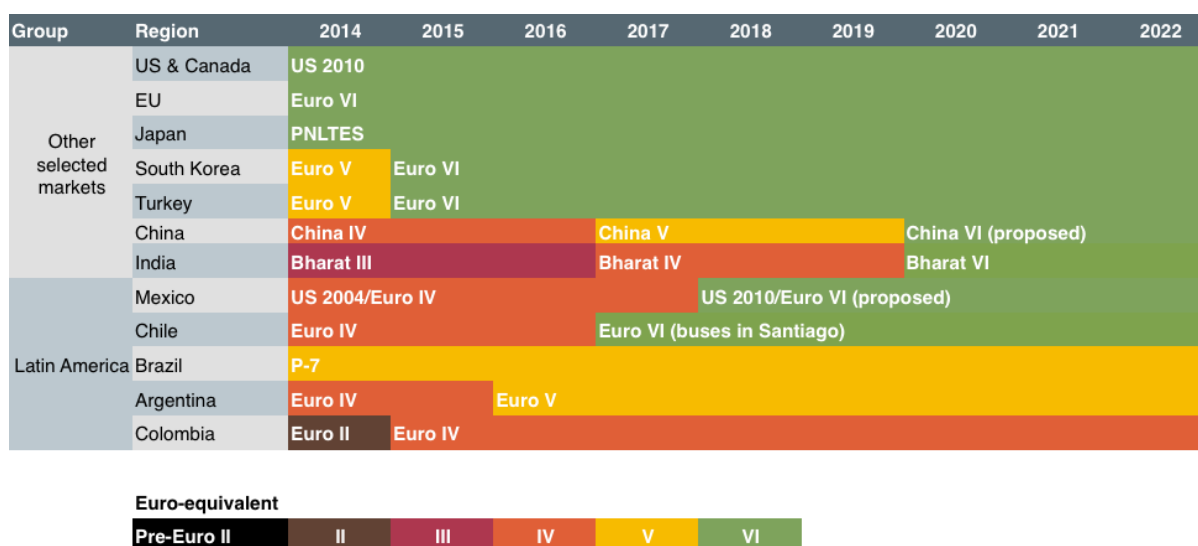


Fuente: Minambiente, 2018.

Es importante señalar que los estándares de emisión propuestos se han venido cumpliendo tanto en Europa como en Estados Unidos desde años anteriores (2013 y 2010 respectivamente, ver Figura 9) e incluso han sido adoptados por otros mercados a nivel internacional; es decir, que los fabricantes, ensambladores e importadores tienen la capacidad de ofrecer al mercado nacional los vehículos que cumplen con estos estándares, teniendo así dos opciones de cumplimiento.

Igualmente, la propuesta normativa incluye la obligación de que las fuentes móviles terrestres de carretera incorporen sistemas de autodiagnóstico a bordo (OBD por sus siglas en inglés) tal como lo exigen las normas Euro VI/6 y EPA 2010. Así mismo, se exige el cumplimiento de los límites para material particulado, conteo de partículas y la realización de pruebas de certificación adicionales sobre el número real de partículas emitidas: prueba de emisiones fuera de ciclo (OCE por sus siglas en inglés y pruebas de conformidad en servicio (ISC por sus siglas en inglés).

Figura 10. Reglamentación de estándares EURO a nivel mundial para vehículos diésel



Fuente: ICCT, 2017.

Todos los ajustes mencionados anteriormente, asociados a la adopción del estándar de emisión equivalente a Euro VI/6 y su equivalente, estándares más avanzados a nivel mundial, sólo son posibles a través del cronograma de mejoramiento de la calidad de los combustibles definida en la Ley 1972 de 2019.

3.2.2.2. Fuentes móviles terrestres de carretera con motor de encendido por chispa

Para el caso de las fuentes móviles terrestres de carretera que utilizan para su funcionamiento gasolina, la Ley 1972 de 2019 no contempló medidas tendientes a su mejoramiento como en el caso de vehículos que operen con combustible diésel. No obstante, la señala que a partir del 1 de enero de 2021 todas las motocicletas que se fabriquen, ensamblen o importen para circular por el territorio nacional, deberán cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes al aire correspondiente a Euro 3.

Para el logro de esta medida se requiere de un combustible de menos de 100 ppm en contenido de azufre en la gasolina, con lo cual se viabiliza la adopción de estándar de emisión más estricto para todos los vehículos que operan con gasolina, considerando el compromiso de Ecopetrol frente al cumplimiento de esta meta.

Este panorama no permite la adopción de estándares de emisión diferentes a los correspondientes a Euro 3 (vigente en Europa en el 2006), ya que este estándar puede ser incluso un poco más estricto que el Tier 2 (vigente Estados Unidos en el año 1999) que, de acuerdo con los reglamentos de Estados Unidos requiere de un combustible con estándar promedio de 30 ppm con un límite de azufre de 80 ppm, entre tanto el estándar de emisión Tier 3 necesita que la gasolina contenga un promedio de 10 ppm de azufre anualmente, con el máximo de azufre permitido por lote restante en 80 ppm en la puerta de la refinería.

Dado lo anterior, el proyecto normativo determina los límites máximos permisibles de emisión en motocicletas correspondientes a tecnologías Euro 3 de conformidad con la Ley 1972 de 2019.

También se debe tener en cuenta que el CONPES 3943 "Política para el mejoramiento de la calidad del aire" señala para el caso de la gasolina que a partir del año 2021 se deberá garantizar la distribución de este combustible con un contenido de azufre inferior a 50 ppm. Dado lo anterior, se incluyen estándares de emisión correspondientes a Euro IV/4 para las fuentes móviles terrestres de carretera de encendido por chispa que empleen este combustible a partir del 31 de diciembre de 2021.

Hasta tanto se presente el mejoramiento de combustibles en las fechas mencionadas previamente (Ley 1972 de 2019 y CONPES 3943) se mantendrán los niveles máximos de emisión en prueba dinámica para todos los combustibles definidos en las normas expedidas para tal fin (Resoluciones 910 de 2008, modificada por la Resolución 1111 de 2013).

Las tablas 11 y 12 del artículo 21 de la Resolución 910 de 2008, que establecen los límites máximos de emisión permisibles para motocicletas, motociclos y mototriciclos con motor a gasolina a partir de 2009, no se incluyen dentro del proyecto normativo teniendo en cuenta que éstos sólo estuvieron vigentes hasta el 31 de diciembre de 2010. Así mismo se incorporan límites máximos permisibles de emisión para motocicletas de menos de 50 cc, dado que hasta la fecha han venido entrando al país, sin la verificación de un estándar de emisión.

De otro lado y teniendo en cuenta las normas expedidas por el Ministerio de Transporte mediante las que autorizó el registro y la circulación de vehículos cuatrimotos, ciclomotores, tricimotos y cuadriciclos, se debe acreditar el cumplimiento de los requisitos y procedimientos establecidos en la Resolución 12379 de 2012, entre los cuales se encuentra la verificación o validación de la existencia del Certificado de Emisiones por Prueba Dinámica (CEPD) y Visto Bueno por Protocolo de Montreal, que será exigido por el organismo de tránsito a los vehículos descritos en las normas ambientales y en las condiciones establecidas por estas.

Debido a que las normas ambientales vigentes no contemplan límites máximos permisibles para este tipo de vehículos en prueba dinámica, se hace necesario definirlos en la nueva reglamentación, de forma que sean objeto de verificación por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) a través de la aprobación del Certificado de Emisiones por Prueba Dinámica (CEPD) y Visto Bueno por Protocolo de Montreal.

De acuerdo con las normas ambientales vigentes, no se cuenta con límites de emisión permisibles en prueba dinámica para vehículos de 3 ruedas y similares que operen con combustibles diésel, a excepción de los que fueron definidos en la Resolución 2604 de 2009 para motocarros. En consecuencia, en la norma propuesta se definen unos límites de emisión en prueba dinámica para esta clase de vehículos de acuerdo con el combustible empleado.

Es importante mencionar que, para el caso particular de las fuentes móviles terrestres de carretera clasificadas como vehículos con motor de encendido por chispa de funcionamiento dedicado a gas natural o GLP livianos y medianos, se introducen límites máximos permisibles de emisión, los cuales no se encuentran contemplados en la Resolución 910 de 2008, modificada por la Resolución 1111 de 2013 y que de acuerdo

con comunicaciones realizadas por parte de importadores se empezarán a traer para su incorporación al mercado nacional.

3.2.2.3. Fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera

En la Tabla 3, se presenta un resumen de los diferentes estándares de emisión propuestos por los Estados Unidos y la Unión Europea, particularmente para material particulado (PM), óxidos de nitrógeno (NOx) e Hidrocarburos no-metano (Non-Methane Hydrocarbons, NMHC por sus siglas en inglés):

Tabla 3. Comparativo de estándares normativos en EEUU y Europa para fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera.

Rango de potencia	Parámetro	g/kWh			
		Base (Tier 2 / Stage IIIA)	Tier 4i	Tier 4f	Stage V (Tier 4f)
19-37 kW	PM (reducción respecto a límite anterior)	0,6	0,3 (-50%)	0,03 (-90%)	0,015 (-98%) ⁷
	NOx + NMHC (reducción respecto al límite anterior)	7,5	7,5 (0%)	4,7 (-37%)	4,7 (-37%)
Rango de potencia	Parámetro	Base (Tier 2 / Stage II)	Tier 4i / Stage IIIA(A) ⁸	Tier 4f / Stage IIIB (A) ⁹	Stage V (Tier 4f / Stage IIIB con DPF)
37-56 kW	PM (reducción respecto a límite anterior)	0,4	0,3 (-25%)	0,03 (-90%)	0,015 (-40% en comparación con límite Stage IIIB) ¹⁰
	NOx + NMHC (reducción respecto al límite anterior)	7,5	4,7 (-37%)	4,7 (0%)	4,7 (0%)
Rango de potencia	Parámetro	Base (Tier 3 / Stage IIIA)	Tier 4i / Stage IIIB	Tier 4f / Stage IV	Stage V
56-75 kW	PM (reducción respecto a límite anterior)	0,4	0,02 (-95%)	0,02 (0%)	0,015 (-40%) ¹¹
	NOx + NMHC (reducción respecto al límite anterior)	4,7 (A) ¹²	3,4 (-28%)	0,40 (-88%)	0,040 (0%)
Rango de potencia	Parámetro	Base (Tier 3 / Stage IIIA)	Tier 4i / Stage IIIB	Tier 4f / Stage IV	Stage V (Tier 4f / Stage IV con DPF)
75-130 kW	PM (reducción respecto a límite anterior)	0,3	0,02 (-93%)	0,02 (0%)	0,015 (-40%) ¹³
Rango de potencia	Parámetro	Base (Tier 3 Stage IIIA)	Tier 4i / Stage IIIB	Tier 4f / Stage IV	Stage V (Tier 4f / Stage IV con DPF)
75-130 kW	NOx + NMHC (reducción respecto al límite anterior)	4,0 ¹⁴	3,4 (-15%)	0,40 (-88%)	0,40 (0%)
Rango de potencia	Parámetro	Base (Tier 3 / Stage IIIA)	Tier 4i / Stage IIIB	Tier 4f / Stage IV	Stage V (Tier 4f / Stage IV con DPF)
130-560 kW	PM (reducción respecto a límite anterior)	0,2	0,02 (-90%)	0,02 (0%)	0,015 (-40%) ¹⁵
	NOx + NMHC (reducción respecto al límite anterior)	4,0 ¹⁶	2,0 (-50%)	0,40 (-80%)	0,40 (0%)

Fuente: Elaborado a partir de la Directiva 97/68/CE del Parlamento Europeo y el Título 40 del Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos.

Adoptar límites para Colombia basados en estándares de países pioneros en la materia representa la oportunidad para reducir emisiones contaminantes sin interferir de manera negativa con el comercio mundial

⁷ Se muestran límites de emisiones para Stage V. Los motores Tier 4f equipados con un DPF son sujetos al un límite de PM de 0,03 g/kWh. Los motores Stage V deben también cumplir con un límite de número de partículas de 1x10¹² #/kWh.

⁸ Se muestran límites de emisión para Tier 4f. Los límites de emisión de PM fueron fijados en 0,4 g/kWh y en 0,025 g/kWh para motores Stage IIIA y IIIB en la Unión Europea respectivamente.

⁹ Se muestran límites de emisión para Tier 4f. Los límites de emisión de PM fueron fijados en 0,4 g/kWh y en 0,025 g/kWh para motores Stage IIIA y IIIB en la Unión Europea respectivamente.

¹⁰ Se muestran límites de emisión para Stage V. Los motores con Tier 4f o Stage IIIB equipados con DPF son sujetos a los límites de PM de Tier 4f y Stage IIIB. Los motores Stage V deben también cumplir con un límite de número de partículas de 1x10¹² #/kWh.

¹¹ Los motores Stage V deben también cumplir con un límite de número de partículas de 1x10¹² #/kWh.

¹² Límite de NOx + NMHC.

¹³ Se muestran límites de emisión para Stage V. Los motores con Tier 4f o Stage IIIB equipados con DPF son sujetos a los límites de PM de Tier 4f y Stage IIIB. Los motores Stage V deben también cumplir con un límite de número de partículas de 1x10¹² #/kWh.

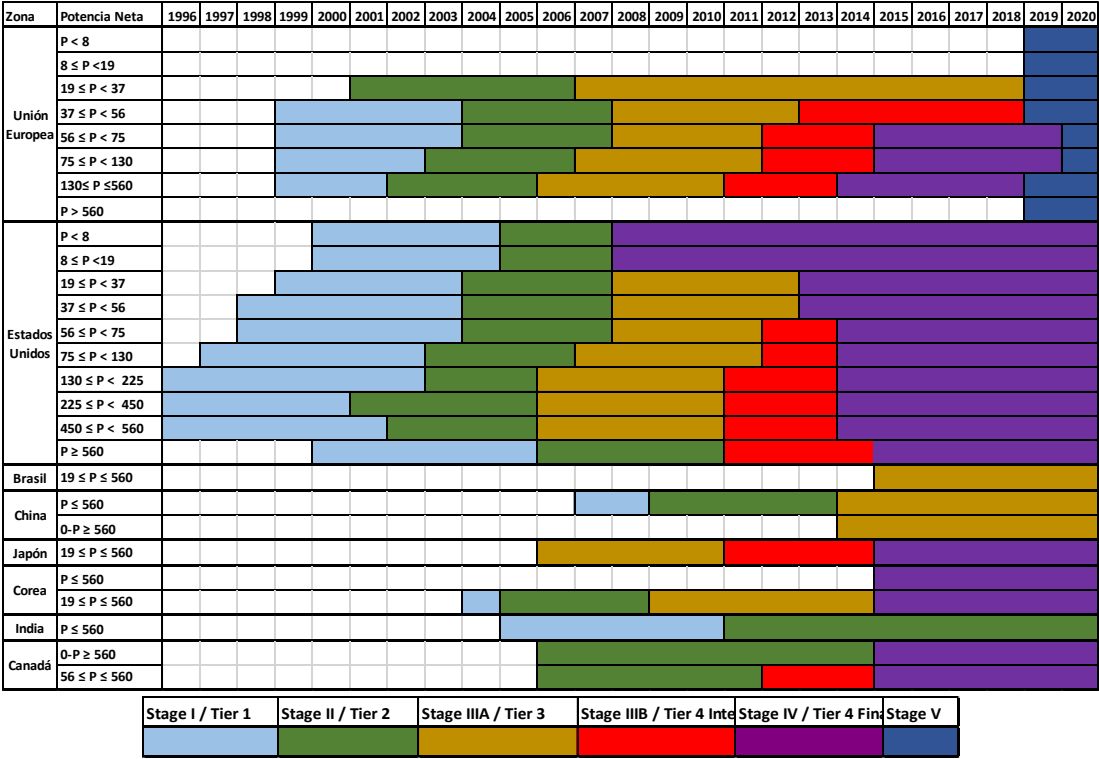
¹⁴ Límite de NOx + NMHC.

¹⁵ Se muestran límites de emisión para Stage V. Los motores con Tier 4f o Stage IIIB equipados con DPF son sujetos a los límites de PM de Tier 4f y Stage IIIB. Los motores Stage V deben también cumplir con un límite de número de partículas de 1x10¹² #/kWh.

¹⁶ Límite de NOx + NMHC.

en este sector. Los estándares normativos para fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera, o también conocidos como maquinaria móvil no de carretera, han sido armonizados en el mundo. Dicha armonización comenzó con Estados Unidos, Europa y Japón, en parte por solicitud de la industria fabricante de motores para estandarizar sus líneas de producción de motores [Transportpolicy, 2018]. Es por esta razón que los límites propuestos se basan en la normativa estadounidense y europea comparable. En la Figura 11 se muestra tanto la armonización de estándares como sus cambios en el tiempo en diferentes partes del mundo.

Figura 11. Reglamentación de estándares para fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera a nivel mundial.



Fuente: CALAC+, 2020.

En el capítulo 4 del presente documento, asociado a impactos económicos se presenta el análisis de selección del estándar normativo Stage IIIB. Este estándar fue implementado en los Estados Unidos y la Unión Europea a partir del año 2011, por lo cual los fabricantes ya tienen una amplia experiencia en la producción y mantenimiento de este tipo de maquinaria.

En Colombia se propone la adopción de estos estándares para toda la maquinaria que ingrese al país a partir del 1° de enero de 2023; lo cual implica un rezago tecnológico en este segmento de flota de 10 años comparado con Estados Unidos y la Unión Europea. Esta fecha coincide con la entrada en el mercado de combustible ultra bajo en azufre que está estipulada en el documento CONPES 3943 “Política para el mejoramiento de la calidad del aire” [DNP, 2018b] y la Ley 1972 de 2019.

Los límites máximos permisibles de emisión para las fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera con motor de encendido por compresión (ciclo diésel) en prueba dinámica, que ingresen al país a partir del 1 de enero de 2023, están definidos por los valores Tier 4 interim o el estándar Stage IIIB. El interesado deberá demostrar el cumplimiento de los límites de la Tabla 4 y la Tabla 5, dependiendo de si emplea estándares

Europeos o Estados Unidos tanto para el ciclo continuo fuera de carretera- NRSC como para el ciclo transitorio fuera de carretera- NRTC.

Tabla 4. Límites máximos permisibles de emisión para fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera en prueba dinámica, evaluados bajo el ciclo estacionario no de carretera (NRSC) y el ciclo transitorio no de carretera (NRTC). Estándares europeos con base en el estándar europeo Stage IIIB para potencias iguales o superiores a 37 kW.

POTENCIA NETA NOMINAL DEL MOTOR (P) en kW	CO	HC	NOx	HC+NOx	PM
	(g/kW-h)	(g/kW-h)	(g/kW-h)	(g/kW-h)	(g/kW-h)
$130 \leq P \leq 560$	3,5	0,19	2,0	—	0,025
$75 \leq P < 130$	5,0	0,19	3,3	—	0,025
$56 \leq P < 75$	5,0	0,19	3,3	—	0,025
$37 \leq P < 56$	5,0	—	—	4,7	0,025
$19 \leq P < 37$	5,5	—	—	7,5	0,6

*El estándar propuesto para el rango de potencia $19 \leq P < 37$ es Stage IIIA por cuanto no existe límite normativo para este estándar en el límite Stage IIIB.

Tabla 5. Límites máximos permisibles de emisión para fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera en prueba dinámica, evaluados bajo el ciclo estacionario fuera de carretera (NRSC) y el ciclo transitorio fuera de carretera (NRTC). Estándares americanos con base en el estándar estadounidense Tier 4 interim.

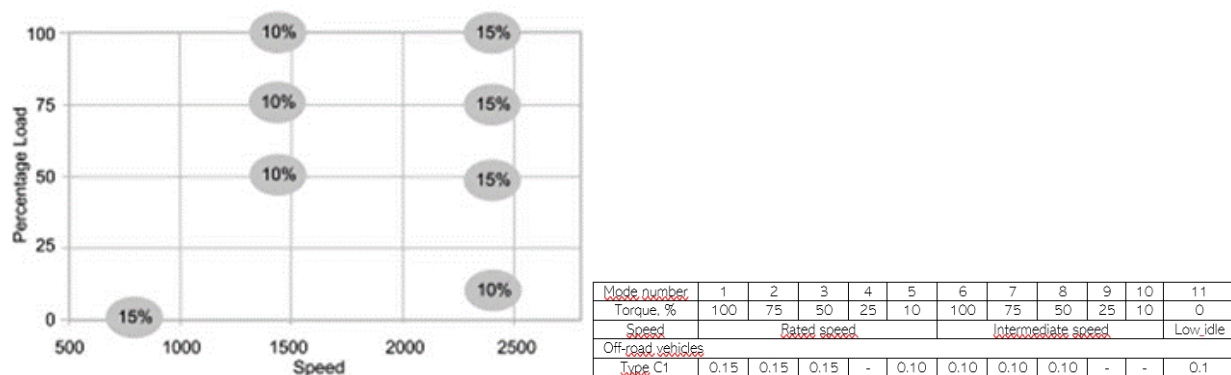
POTENCIA NETA NOMINAL DEL MOTOR (P) en kW	CO	HCNM	NOx	HCNM+NOx	PM
	g/kW-h	g/kW-h	g/kW-h	g/kW-h	g/kW-h
$130 \leq P \leq 560$	3,5	0,19	2,0	—	0,02
$56 \leq P < 130$	5,0	0,19	3,4	—	0,02
$37 \leq P < 56$	5,0	—	—	4,7	0,03
$19 \leq P < 37$	5,5	—	—	7,5	0,30

Para el caso de los rangos de potencia $19 \leq P < 37$ kW el ciclo de prueba para demostrar cumplimiento de estándares normativos de las Tablas 5 y 6 será el ciclo estacionario fuera de carretera (NRSC). Para los rangos de potencia entre $37 \leq P \leq 560$ kW de los estándares de las Tablas 5 y 6 los ciclos de prueba para demostrar cumplimiento normativo son el ciclo estacionario fuera de carretera (NRSC) y el ciclo transitorio fuera de carretera (NRTC).

Los ciclos de prueba para estos motores de fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera también se encuentran homologados a nivel internacional. Estos son:

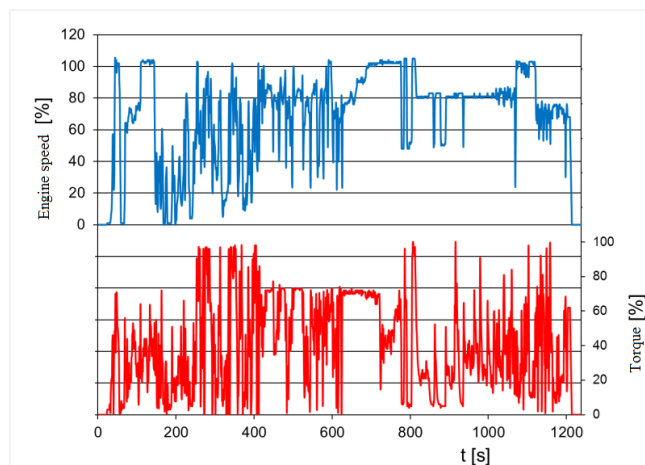
- Ciclo Estacionario fuera de Carretera (NRSC): Mide las emisiones del motor a diferentes velocidades del motor y carga. El procedimiento para realizarlo se encuentra descrito en la norma ISO 8178-C1 y se emplea para verificación de emisiones de motores en todos los estándares de emisión reglamentados.
- Ciclo Transitorio fuera de Carretera (NRTC): Este ciclo fue desarrollado en conjunto por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos US EPA en conjunto con las autoridades europeas y se aplica para motores de tecnología Stage IIIB en adelante. Este ciclo simula mejor la operación real de los motores en campo.

Figura 12. Ciclo estacionario fuera de carretera (NRSC)¹⁷



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Bosques, Gobierno de la India. 2020

Figura 13. Ciclo estacionario fuera de carretera (NRSC)



Fuente: Merkisz, et. At., 2020.

Para el caso de los rangos de potencia $19 \leq P < 37$ kW el ciclo de prueba para demostrar cumplimiento de estándares normativos de la Tabla 20 y Tabla 21 será el ciclo estacionario fuera de carretera (NRSC). Para los rangos de potencia entre $37 \leq P \leq 560$ kW de los estándares de la Tabla 20 y Tabla 21 se deberá demostrar cumplimiento normativo respecto del ciclo estacionario fuera de carretera (NRSC) y el ciclo transitorio fuera de carretera (NRTC).

3.3. PRUEBA ESTÁTICA

3.3.2. VERIFICACIÓN INICIAL DEL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES DE EMISIÓN

Se mantiene la exigencia establecida en la Resolución 910 de 2008 a cargo de importadores, ensambladores y comercializadores representantes de marca y fabricantes, de expedir y entregar la certificación de cumplimiento de los niveles máximos de emisión a quienes compren fuentes móviles.

¹⁷ Torque: Torque del motor expresado en porcentaje respecto del máximo torque posible a una determinada velocidad del motor. *Rated speed* (Velocidad Nominal): Velocidad a la cual el fabricante especifica la potencia nominal del motor. *Intermediate speed* (Velocidad Intermedia): es la velocidad correspondiente al pico de torque máximo del motor.

Adicionalmente, la información será consignada en un autoadhesivo que se fijará en un lugar visible dentro de la cubierta del motor o la cabina del vehículo, señalando las condiciones de reglaje del motor y el cumplimiento de los niveles de emisión establecidos para el mismo.

Para la verificación de las certificaciones, la autoridad ambiental competente podrá en cualquier momento comprobar el cumplimiento de los límites de emisión, las características de funcionamiento de los equipos y los procedimientos utilizados para la medición de los contaminantes, para lo cual se establecen las reglas para llevar a cabo dicha revisión.

Los fabricantes, ensambladores e importadores, deberán realizar la medición de emisiones contaminantes en prueba estática por lo menos al 25 % de los modelos cubiertos por cada Certificado de Emisiones en Prueba Dinámica (CEPD) aprobado. Los resultados deberán ser entregados durante los primeros 15 días de cada semestre a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Para este fin se establecieron los formatos establecidos en los anexos 4, 5 y 6 del proyecto reglamentario.

Las autoridades ambientales podrán, sin previo aviso y en el marco de sus competencias, verificar el cumplimiento de los niveles máximos de emisión establecidos en el proyecto normativo, en los vehículos que vayan a ser vendidos en prueba estática y verificar las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para la medición de los contaminantes. En caso de incumplimiento de las emisiones contaminantes, las autoridades ambientales adoptarán las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar.

3.3.3. VIGILANCIA Y CONTROL DE FUENTES MÓVILES

Con el fin de fortalecer los esquemas de seguimiento y control de fuentes móviles en circulación se definen la frecuencia mínima de mediciones en vía a realizar por parte de las autoridades ambientales dentro de su jurisdicción, así como los puntos mínimos de monitoreo diarios, teniendo en consideración la población de los municipios.

Por lo anterior, se define operativos en vía como el conjunto de puntos de revisión de emisiones contaminantes vehiculares instalados en vía pública en un día por parte de las autoridades ambientales con la participación de la autoridad de tránsito, de la siguiente manera:

Tabla 6. Frecuencia mínima de operativos en vía por parte de las autoridades competentes (propuesta).

Municipios con población	Frecuencia mínima	Puntos mínimos instalados/día
> 1.000.000 habitantes	15 días/mes	4
> 300.000 habitantes	4 días/mes	2
Población > 100.000 habitantes	4 días/año	2

Para este caso se tuvo en cuenta la categorización de los municipios tomando como relevantes los del primer grupo (grandes municipios¹⁸), es decir, los que cuenta con una población de más 100.001 habitantes. La categorización de los distritos y municipios dependen de su población, ingresos corrientes de libre destinación, importancia económica y situación geográfica. Se debe tener en cuenta que los lugares en los que se presenta mayor densidad de población se caracterizan por desarrollar una mayor actividad antropogénica, lo cual conlleva al mismo tiempo el incremento del uso de transporte de carga, de pasajeros y de construcción, entre otros, lo que a su vez ocasiona una mayor generación de emisiones contaminantes.

¹⁸ El aumento de viajes en modos particulares y especialmente en moto, se estima que ha generado mayores emisiones en todas las áreas urbanas, incrementando los niveles de emisión de material particulado de las fuentes móviles entre el 7% y el 14% [DNP, 2017].

De acuerdo con las estadísticas del DANE, se estima que para el año 2020 los municipios de Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Cartagena cuenta con poblaciones superiores a 1 millón de habitantes, lo que equivale al 0.45% de los municipios colombianos, en los cuales se ha evidenciado la mayor afectación por las emisiones provenientes de fuentes móviles, siendo Bogotá la ciudad en la que se proyecta la más alta población con cerca de ocho millones de habitantes. Para estos municipios se plantea la mayor frecuencia de medición y el mayor número de puntos a instalar cada día que se programe esta actividad. Para el mismo año, se calcula que 19 municipios del país contarán con una población entre 300 mil y un millón de habitantes, mientras que 47 municipios se proyectan entre 100 mil y 300 mil habitantes. Dadas las diferencias de estas poblaciones y la capacidad de las autoridades ambientales para su cubrimiento tanto la frecuencia como el número de puntos se reduce.

Es importante considerar que de acuerdo con la normativa vigente (Resolución 910 de 2008, modificada por la Resolución 1111 de 2013), indica que, en su función legal de vigilancia y control, las autoridades ambientales competentes deben realizar operativos de verificación de emisiones a las fuentes móviles en circulación, en conjunto con las secretarías y demás organismos de tránsito departamentales, distritales y municipales, cuando menos cada dos meses. Esta situación asociada a los resultados de los inventarios de emisión realizados en las principales ciudades, así como la evasión de la revisión técnico mecánica y de emisiones contaminantes, evidencian la necesidad de incrementar el número de operativos en vía prioritariamente en centros urbanos.

Adicionalmente, se incluye un artículo que reglamenta la potestad de las Autoridades Ambientales para realizar operativos de revisión vehicular a las flotas en sus patios de acopio, con el fin de aplicar lo establecido en la Ley 1333 de 2009 para los infractores en materia ambiental sin perjuicio de las sanciones aplicadas por las autoridades de tránsito, a los vehículos que se encuentran en circulación por vías públicas.

En este sentido es pertinente aclarar que, las autoridades ambientales podrán, de manera autónoma, solicitar que vehículos de los cuales se haya evidenciado tránsito por las vías públicas el mismo día de la inspección, se dispongan para prueba de emisiones contaminantes en los patios de acopio de las flotas, ya sean de transporte público colectivo o transporte de carga.

Finalmente, en materia de control y seguimiento de las fuentes móviles terrestres, el proyecto normativo incluye la realización de operativos con tecnologías tales como: sensores remotos y conteo de partículas, a fin de constituir instrumentos de gestión de las fuentes móviles terrestres en cuanto a su circulación por vías específicas. Esta inclusión se fundamenta en las siguientes consideraciones:

- Sensores Remotos: Estudios nacionales (Anexo 1 - Informe Secretaría Distrital de Ambiente) demuestran que, existe un grado de correlación entre los resultados obtenidos mediante metodologías de medición de gases en prueba estática para vehículos de encendido por chispa y la herramienta de detección remota RSD, por medio de la cual es posible ampliar el alcance de los operativos de control en vía, de 20 pruebas diarias (diagnóstico en prueba estática) a cerca de 2000 registros diarios, sin la necesidad de detener los vehículos para conexión de dispositivos de prueba. En este sentido, se habilita la implementación de operativos con esta tecnología para acelerar el avance científico necesario para la determinación de estándares permisibles.
- Conteo de Partículas: Estudios internacionales (Anexo 2 – Informe Calac+ Fiscalización de flota vehicular EURO V y superior), sugieren que, la mejor alternativa disponible para Colombia en la actualidad, para la estimación de emisiones contaminantes de material particulado de las tecnologías de bajas emisiones, es el conteo de partículas. En este sentido y en cumplimiento de lo consagrado en la Ley 1972 de 2019, se

habilita la implementación de operativos y desarrollo de estudios con esta tecnología, para acelerar el avance científico necesario para la determinación de estándares permisibles.

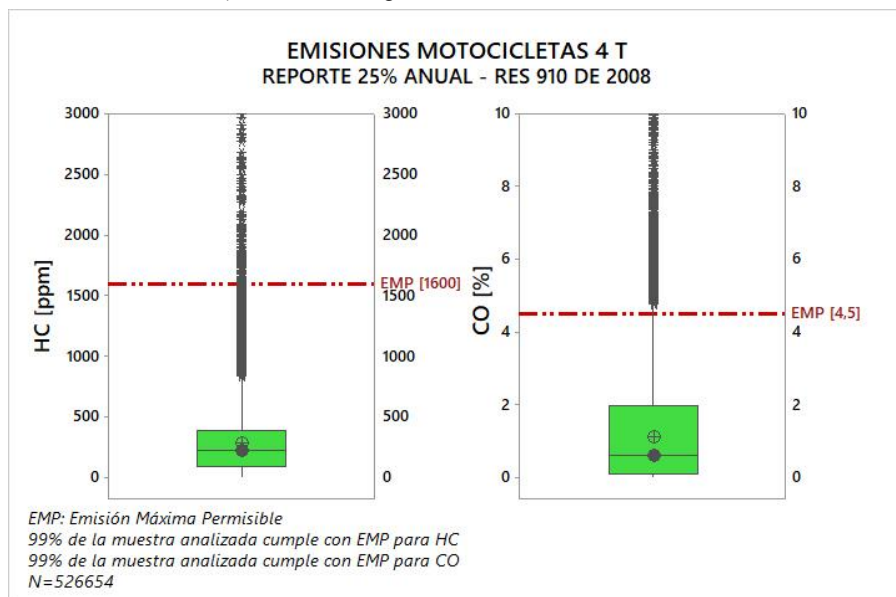
3.3.3.1. Límites de emisión en prueba estática

A. Motocicletas, vehículos de 3 ruedas, cuadriciclos, demás vehículos con componentes mecánicos de motocicleta

Teniendo en cuenta que en el parque automotor colombiano se cuenta con motocicletas de dos tiempos y de cuatro tiempos se establecen estándares más estrictos para ambas tecnologías.

A continuación, se presentan los resultados del análisis realizado a la base de datos consolidada a nivel nacional y se describen las consideraciones realizadas para aplicar los ajustes propuestos. En primera instancia se realiza el análisis de cumplimiento evaluado en los límites máximos permisibles establecidos en la actualidad. Para el caso de las motocicletas de 4 tiempos se tiene lo siguiente.

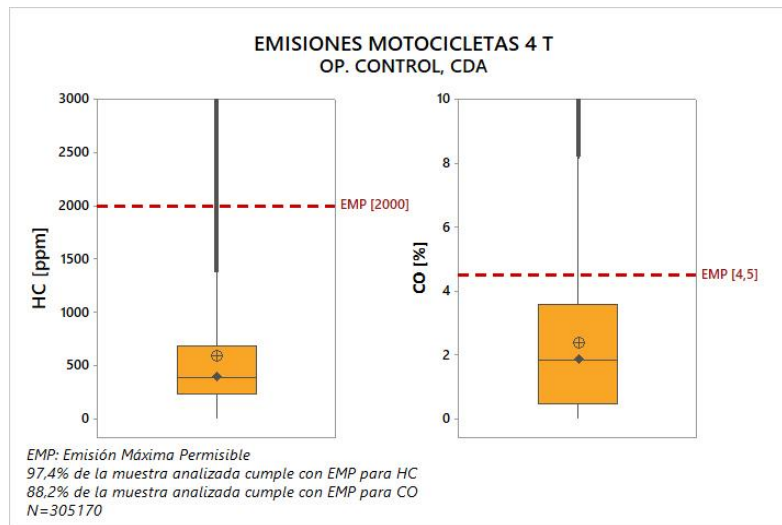
Figura 14. Diagrama de Caja - Resultados de Emisiones Generadas por Motocicletas 4T – Información reportada por ensambladores e importadores según Resolución 910 de 2008



Fuente: Elaboración propia, 2019.

De la información presentada en la Figura 14 y la Figura 15 se puede determinar que todas motocicletas de 4T en circulación cumplen en un 88 % los límites permisibles de emisión de monóxido de carbono (CO) y en un 97,4 % cumple los límites de emisión de hidrocarburos (HC). Respecto de las motocicletas "nuevas" cuya información es reportada por importadores y ensambladores anualmente al gobierno nacional, se observa que el 99 % de la muestra analizada cumple con los estándares permisibles establecidos en la actualidad. Toda vez que esta información es representativa (en 25 %) de las emisiones de las motocicletas que se han ingresado al país en los últimos 8 años, se evidencia que el parque automotor que ingresa al país se encuentra en capacidad de cumplir con estándares de emisión que garantizan menores emisiones contaminantes a la atmósfera.

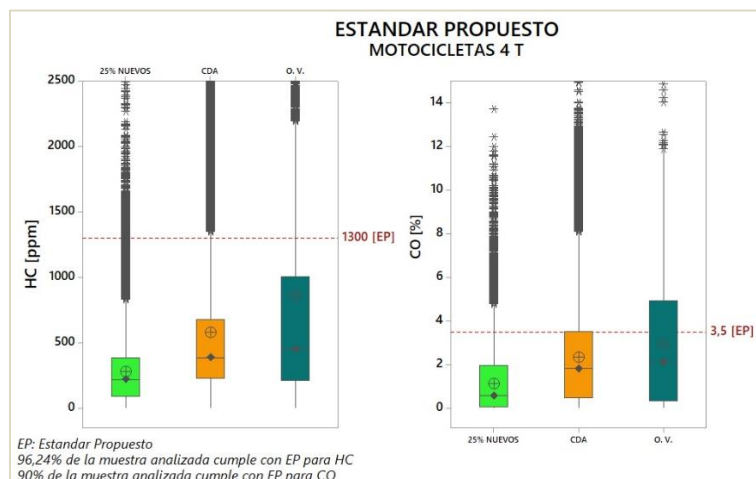
Figura 15. Diagrama de Caja - Resultados de Emisiones Generadas por Motocicletas 4T – Información reportada por Autoridades Ambientales y Centros de Diagnóstico Automotor



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Con base en esta información, y teniendo en cuenta la evolución de las tecnologías de emisión, la necesidad de la implementación de mejores prácticas de mantenimiento preventivo del parque automotor en general y en armonía con la Política para el mejoramiento de la calidad del aire, se propone la implementación de un nuevo límite permisible tanto para monóxido de carbono como para hidrocarburos.

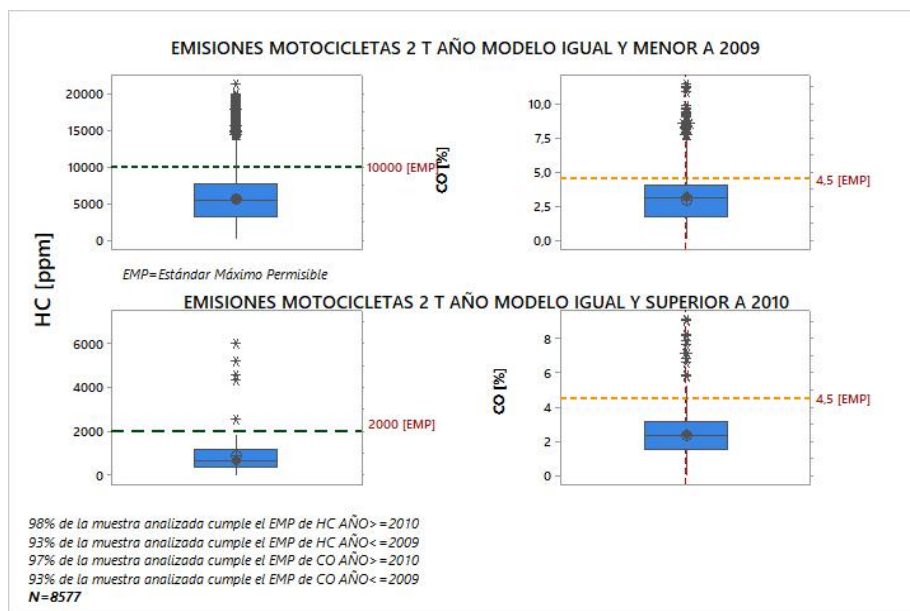
Figura 16. Diagrama de Caja – Análisis de impacto Estándares propuestos para motocicletas 4T.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para el caso de las motocicletas de 2 Tiempos se tiene la siguiente información.

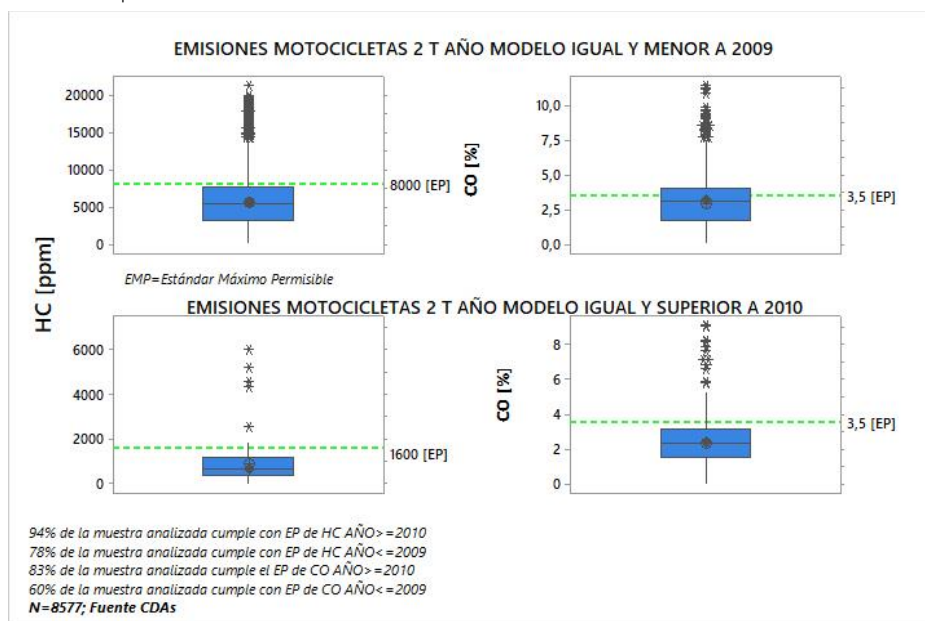
Figura 17. Cumplimiento Estándar Actual Motocicletas 2 Tiempos



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se observa en la Figura 17 y la Figura 18, en general el margen de cumplimiento del estándar permisible establecido se encuentra por encima de 97 % para los hidrocarburos y por encima de 93 % para el caso del monóxido de carbono CO. Dado lo anterior, el estándar propuesto se presenta en la siguiente figura.

Figura 18. Estándar Propuesto - Motocicletas 2T



Fuente: Elaboración propia, 2019.

B. Fuentes móviles de carretera con motor ciclo de encendido por chispa

Con el fin de reducir las emisiones generadas por fuentes móviles que operan con motor encendido por chispa, especialmente para aquellos de tecnología obsoleta, se elimina de la Resolución 910 de 2008, la categoría de fuentes móviles de año modelo 1970 y anteriores y en su lugar se deja una única categoría que

agrupa dichos modelos y los de 1971 a 1984. Adicionalmente, se establece una nueva categoría para años modelo 2010 y posterior. Los límites establecidos para este tipo de vehículos también aplican para los que utilizan para su funcionamiento bicom bustibles gasolina–gas natural vehicular o gasolina–GLP.

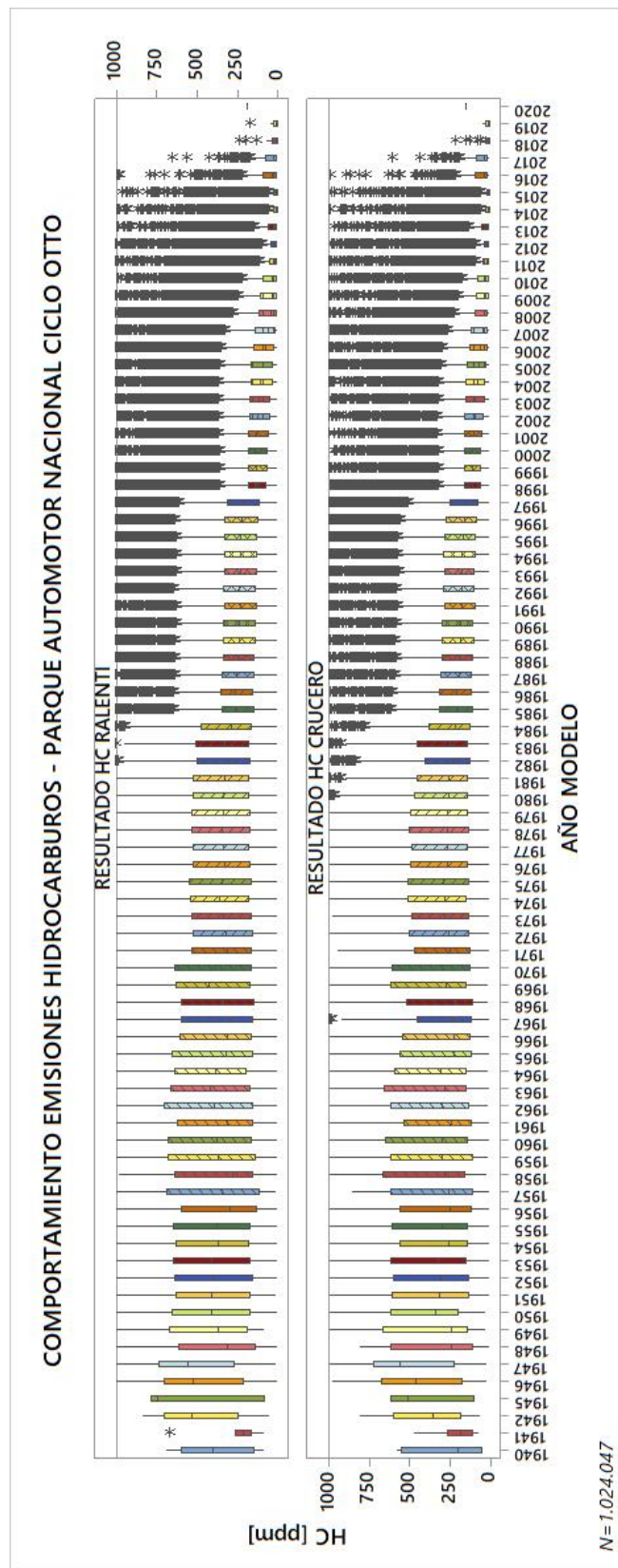
A manera ilustrativa, Figura 19 se presenta el comportamiento de las emisiones en función del año modelo para los hidrocarburos sin quemar emitidos en condición de evaluación ralenti y crucero.

Entre tanto en la Figura 19 y la Figura 20 se observa una marcada tendencia de reducción de las emisiones en función de estándar aplicable para cada categoría de año modelo. En este escenario se aprecia la evolución tecnológica del parque automotor. En lo referente a la modificación propuesta, el grupo de año modelo que se afecta es aquel que comprende los vehículos entre 1984 y anteriores. A continuación, se detalla la propuesta de modificación de límites máximos permisibles para la categoría mencionada

Tabla 7. Límites máximos permisibles propuestos – fuentes móviles terrestres de carretera de encendido por chispa

Año modelo	CO (%)	HC (ppm)
1984 y anteriores	4,0	650
1985 – 1997	3,0	400
1998 – 2009	1,0	200
2010 y posterior	0,8	160

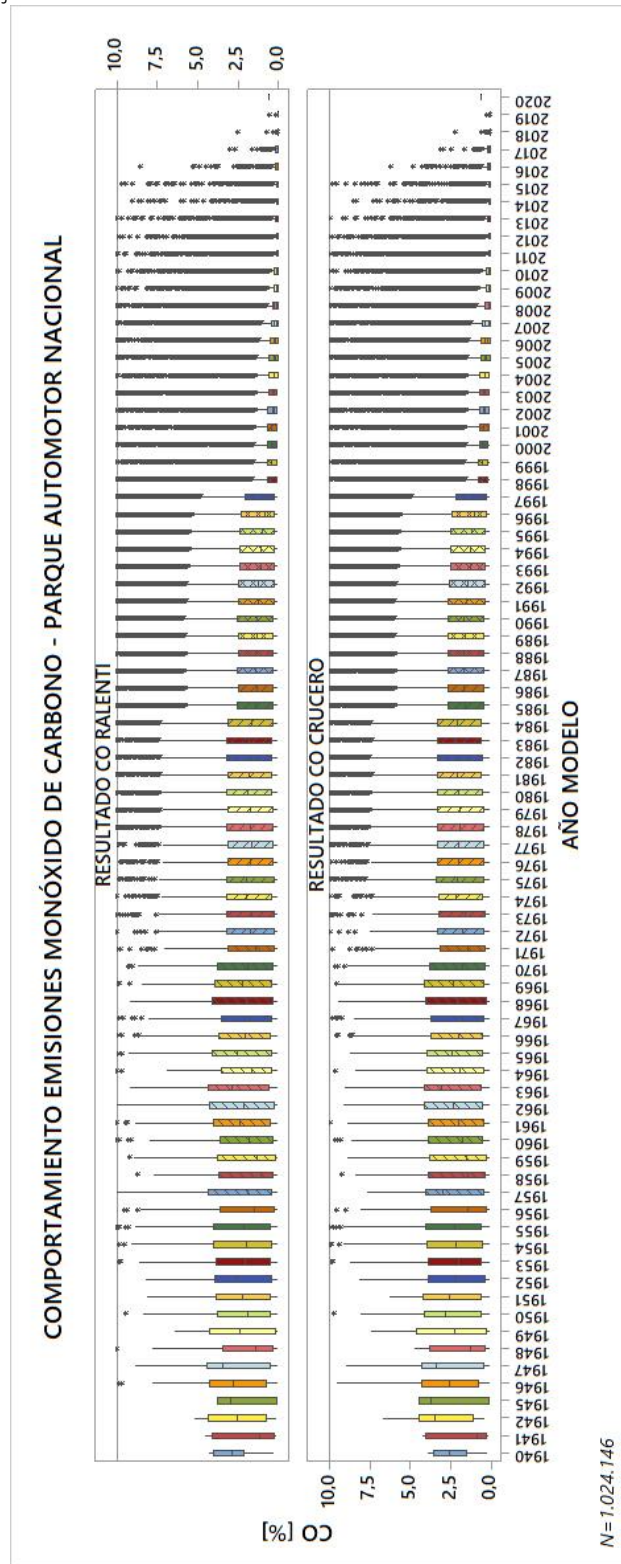
Figura 19. Diagrama de Caja Hidrocarburos en función de año modelo



Fuente: Minambiente, 2019.

Para el caso de monóxido de carbono, se tiene el siguiente comportamiento en condición de aceleración ralenti y cruce.

Figura 20. Diagrama de Caja Monóxido en función de año modelo



Fuente: Minambiente, 2019.

Para los límites propuestos se tiene el siguiente porcentaje de cumplimiento, respecto de la base de datos evaluada con un total de 1.024.146 registros generados desde CDA, Operativos de Control en vía y reporte de ensambladores (25 % anual).

Tabla 8. Porcentaje de cumplimiento de parque automotor evaluado - Límites máximos propuestos

Parámetro	1984 y Anteriores	1985-1997	1998-2009	2010 y posterior
HC	99,70 %	99,17 %	98,73 %	98,85 %
CO	99,66 %	98,76 %	99,30 %	99,12 %

C. Fuentes móviles de carretera con motor de encendido por compresión

Como se menciona en otros apartes de este documento para el año 2016 el 33 % de los vehículos diésel del país (principal fuente de emisión de partículas) tenían más de 25 años, correspondiente a tecnologías Euro 0 que generan 94 % más de emisiones de material particulado, 62 % tenía entre 2 y 20 años, en su mayoría vehículos Euro II y solamente el 5 % tenían menos de 2 años correspondiente a vehículos Euro IV. Los estándares son correspondientes a Euro II ya no son aplicables internacionalmente desde el año 1998.

En este sentido y teniendo en cuenta la problemática asociada a la escala de medición y longitud de reporte estándar desarrollada en el capítulo de antecedentes del presente documento, se propone un cambio de parámetro de medición, pasando de opacidad (%) a densidad de humo – K (m^{-1}). Así mismo se propone reportar los resultados finales a una LTOE estándar de 430 mm eliminando el paso de cálculo reportado al diámetro del escape. Unido a este nuevo esquema de medición, se realizó análisis de las bases de datos disponibles con objeto de establecer nuevos estándares de emisión que correspondan a las necesidades actuales y futuras del país.

Los límites de emisión para Vehículos con motor ciclo diésel vigentes son los siguientes:

Tabla 9. Norma de opacidad vigente – Resolución 910 de 2008.

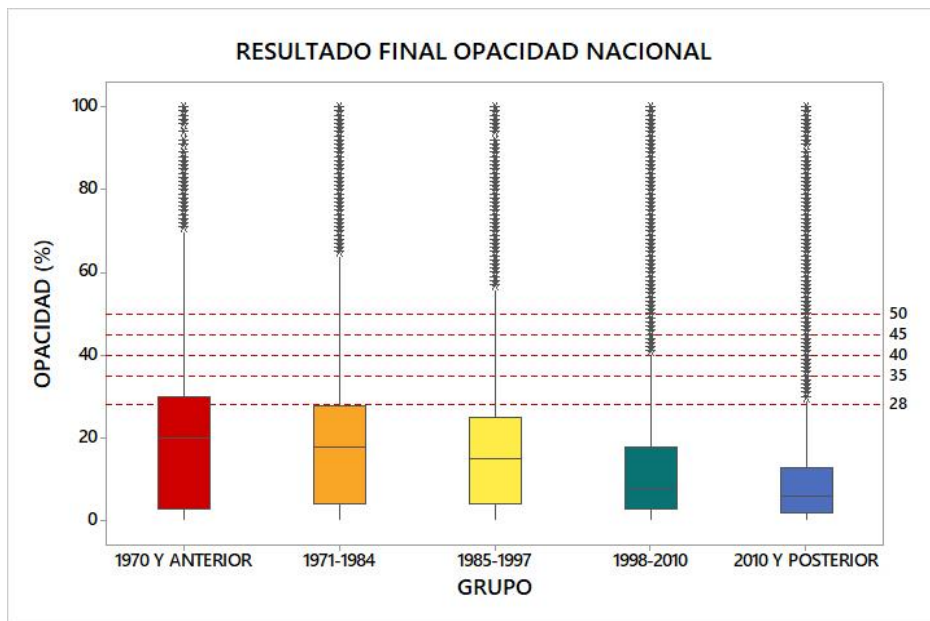
Año Modelo	%Opacidad – Resolución 910 de 2008
1970 y anterior	50
1971 – 1984	45
1985 – 1997	40
1998 y posterior	35

En la Figura 21, se presenta el análisis de cumplimiento del parque automotor diésel colombiano con los estándares relacionados en la tabla 3 en (%) de opacidad.

Dicha figura presenta el consolidado de información proveniente de todas las fuentes de información disponibles en el país tales como, operativos de control en vía, centros de diagnóstico automotor y laboratorios ambientales autorizados para la medición de emisiones generadas por fuentes móviles por parte del IDEAM.

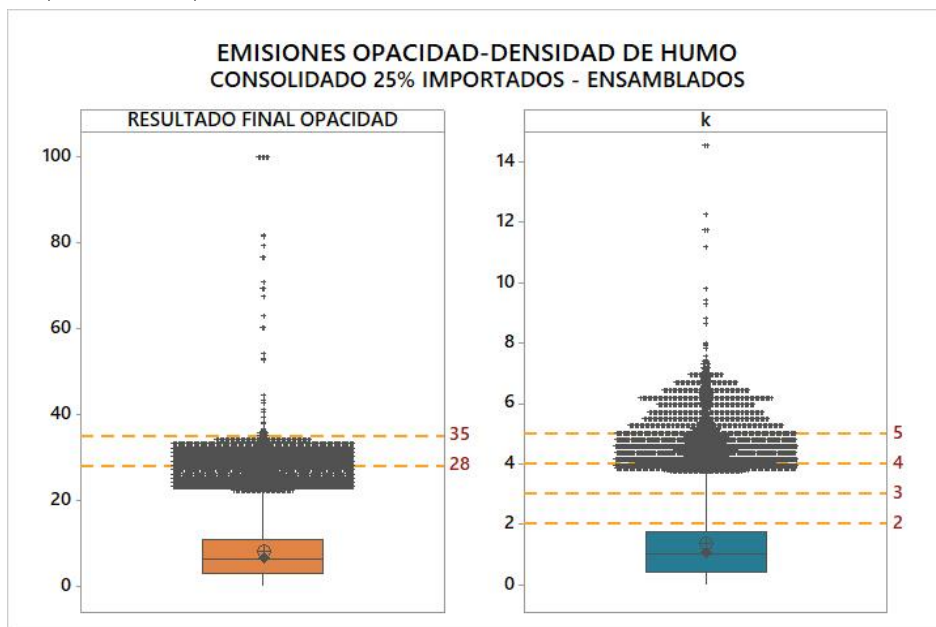
Como se observa, los diagramas de caja para todas las categorías de año modelo presentan un 75 % de los datos por debajo de los estándares más estrictos, por lo que es posible inferir que la capacidad de cumplimiento de estándares del parque automotor es mayor a lo exigido actualmente. Para precisar en el comportamiento de la opacidad medida en porcentaje y su equivalente en densidad de humo (m^{-1}) para cada fuente de medición (operativo en vía, CDA y reporte anual de 25 % remitido por ensambladores e importadores) a continuación se ilustra el comportamiento de los resultados de las mediciones realizadas desde cada fuente de información mencionada.

Figura 21. Análisis de cumplimiento del parque automotor diésel - Estándares Actuales



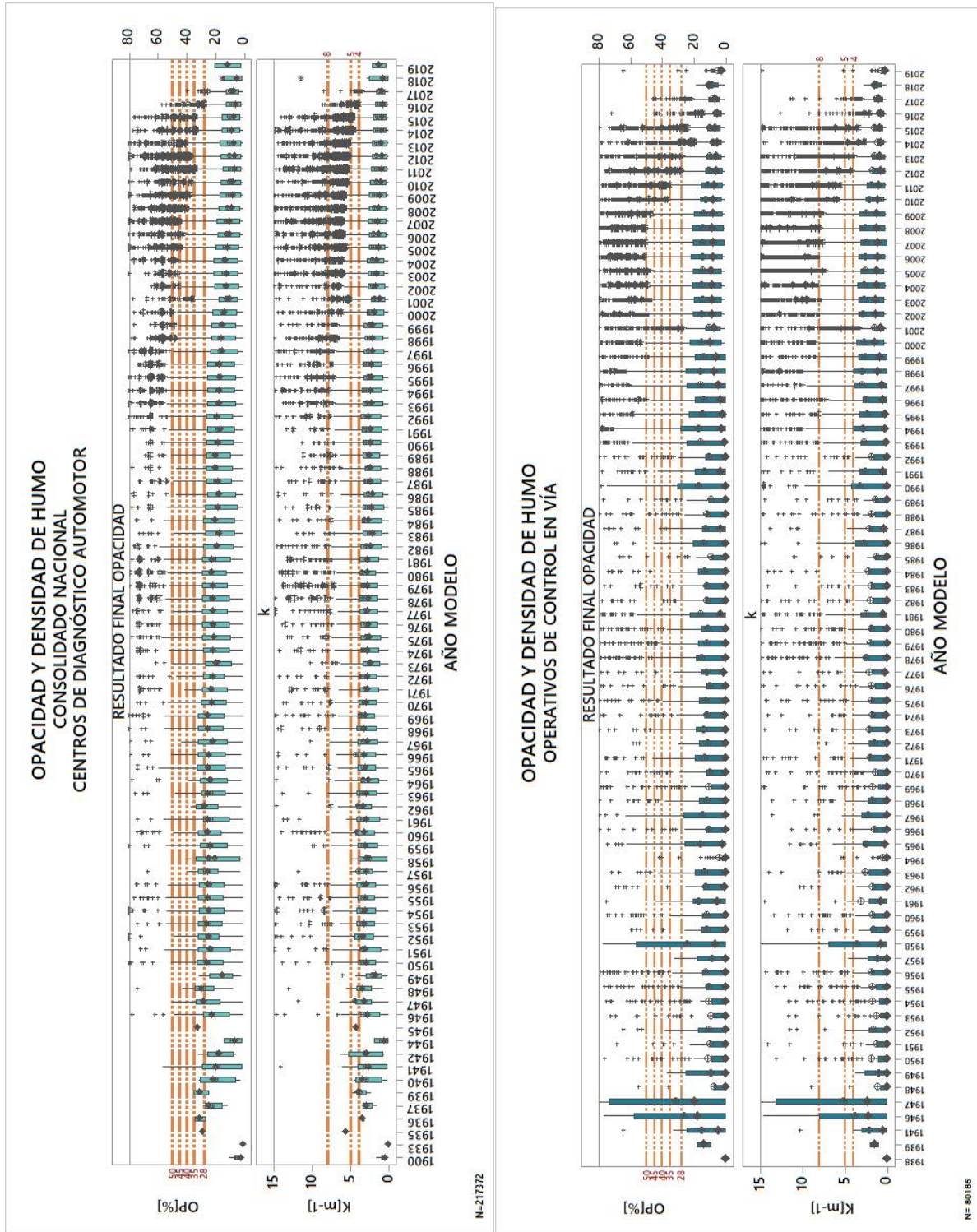
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 22. Análisis de cumplimiento del parque automotor diésel - Estándares Actuales – Consolidado reporte 25 % ensambladores, importadores, representantes de marca



Fuente: Elaboración propia, 2019

Figura 23. Análisis de cumplimiento del parque automotor diésel - Estándares Actuales – Consolidados Autoridades Ambientales - Operativos en vía y pruebas en centro de diagnóstico automotor.



Fuente: Elaboración propia, 2019

De esta manera se evidencia en mayor detalle la insuficiencia de la exigencia de los límites de emisión de opacidad establecidos en la actualidad.

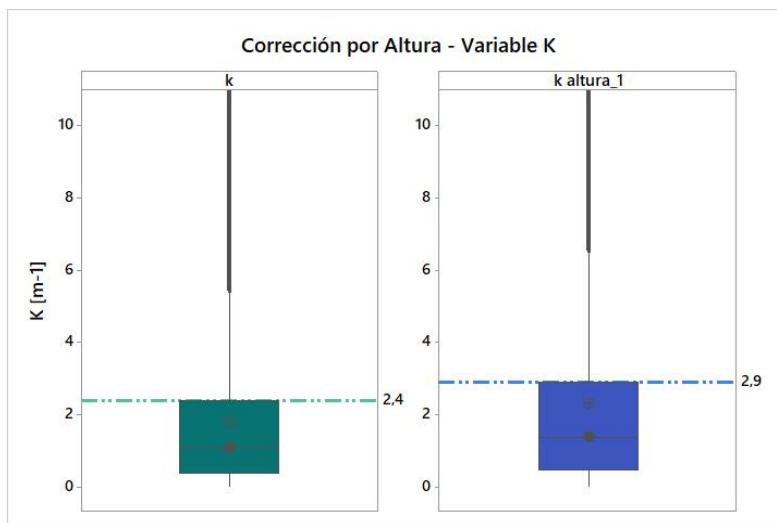
Bajo este entendido y teniendo en cuenta las consideraciones bajo las cuales se motiva la modificación de la unidad de medición y la longitud de reporte estándar presentadas en los antecedentes del presente documento, se desarrolló una propuesta normativa que integra los conceptos de medición de densidad de humo, reportada a un estándar de 430 mm para todas las fuentes móviles accionadas por motores diésel.

Adicionalmente atendiendo a los lineamientos trazados internacionalmente en lo referente a una regulación diferencial según tamaño de motor, de la información disponible se seleccionó el parámetro de cilindraje para seccionar el parque automotor diésel de una manera sencilla y pertinente, en dos categorías principales cuyo punto de división es 5000 CC.

Una vez establecida esta clasificación se procedió a calcular mediante la relación de Beer-Lambert, el equivalente en densidad de humo K de cada uno de los datos disponibles en la base analizada con el fin de observar el comportamiento de las emisiones obtenidas mediante medición directa de opacidad.

Finalmente, de los estudios desarrollados a nivel nacional en lo referente a la medición de opacidad reportada a 430 mm, se evidenció y determinó un efecto de incremento del valor de la medición en función de la altura sobre el nivel del mar a la cual se realiza la medición. De esta manera, se realizó una corrección de las mediciones realizadas en alturas diferentes a 2600 msnm con el fin de reflejar el peor escenario al cual serían sometidos los vehículos en un hipotético paso por ciudades con la altura mencionada. Los resultados de esta transformación se ilustran a continuación.

Figura 24. Ajuste altura sobre el nivel del mar



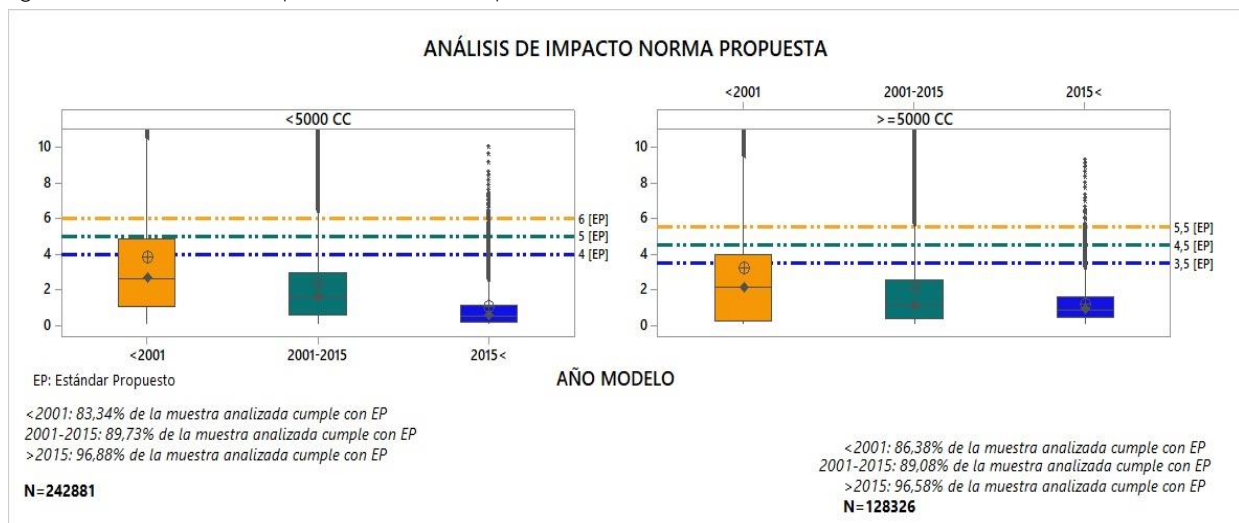
Fuente: Elaboración propia, 2019

Integrando estos conceptos, se desarrolló una propuesta normativa, con el correspondiente análisis de impacto, tal como se presenta a continuación.

Tabla 10. Propuesta normativa para densidad de humo.

Año modelo	Densidad de humo – K (m ⁻¹)	
	CC<5000	CC≥5000
2000 y anterior	6	5,5
2001 – 2015	5	4,5
2016 y posterior	4	3,5

Figura 25. Análisis de Impacto - Norma Propuesta

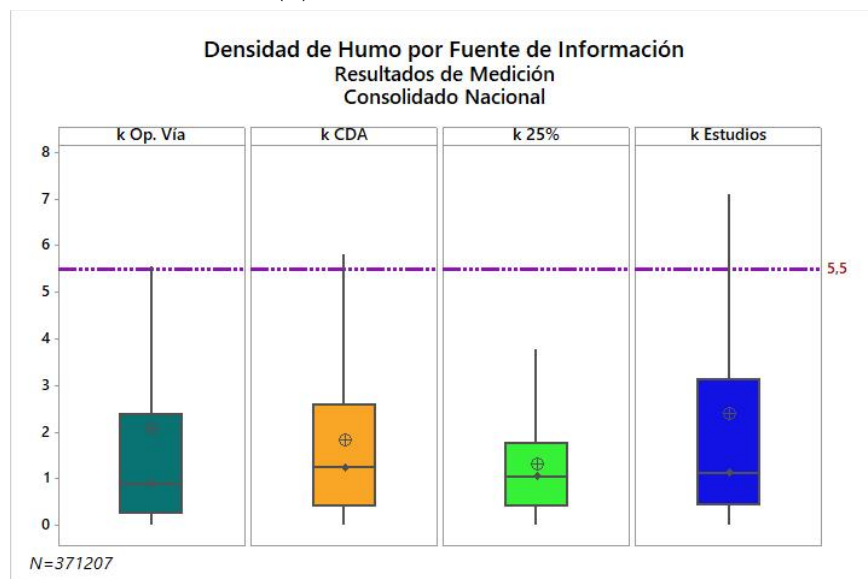


Fuente: Elaboración propia, 2019

Tal como se aprecia en la Figura 25, las condiciones de diseño de la regulación propuesta generan un impacto aproximado de 16 % para la categoría de año modelo más antigua, un 10 % para la categoría intermedia (la más densamente poblada) y finalmente se espera un impacto del 3 % para los vehículos de la categoría de año modelo de vehículos nuevos (2016 y posterior).

Esta propuesta responde en primera instancia a los objetivos de incentivo de renovación y mejora de las prácticas de mantenimiento aplicado al parque automotor.

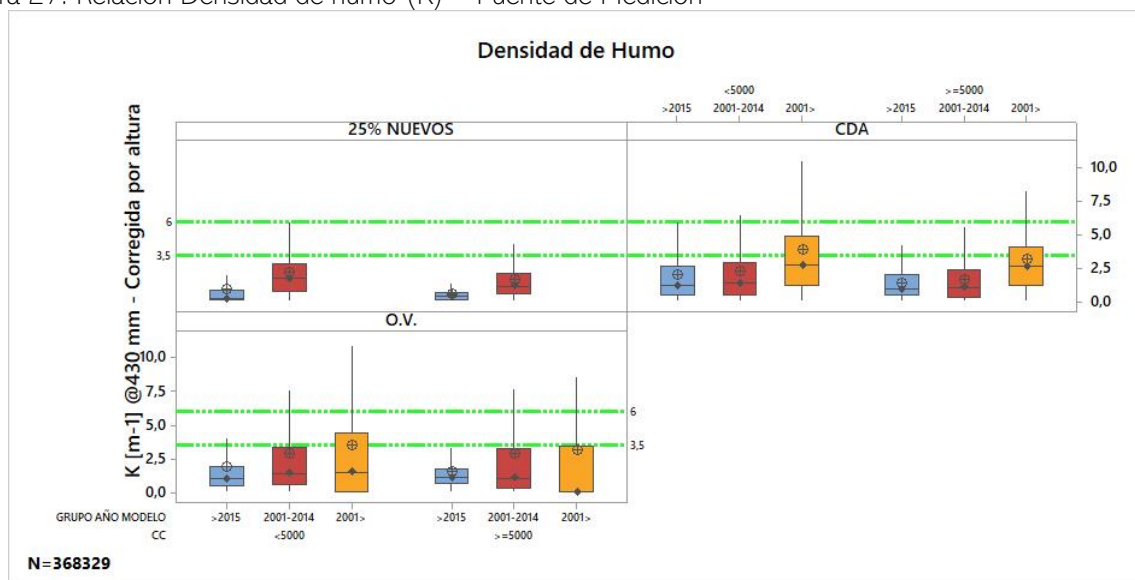
Figura 26. Relación Densidad de humo (K) – Fuente de Medición



Fuente: Elaboración propia, 2019

Así mismo, al aplicar la segmentación por cilindraje y año modelo para cada una de las categorías de año modelo definidas, a continuación, se ilustra el efecto que se espera de aplicar los límites más y menos exigentes propuestos en la Tabla 10.

Figura 27. Relación Densidad de humo (K) – Fuente de Medición



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Este análisis parte de las bases de datos suministradas por las autoridades ambientales¹⁹ y las entregadas por parte de importadores, comercializadores representantes de marca, fabricantes y ensambladores al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en cumplimiento de lo establecido en la Resolución 910 de 2008. En este proceso se obtuvieron más de 371.207 datos después de incluir a la base de datos inicial, los datos obtenidos de los estudios de investigación desarrollados.

A partir de dichos registros y los estudios realizados, los cuales hacen parte integral de este documento, se determinó que existe un grupo representativo de vehículos que por su buen mantenimiento están por debajo de los estándares propuestos.

De otro lado, la implementación de límites de emisión más estrictos busca promover mejores prácticas de mantenimiento vehicular, lo cual se verá reflejado en menores niveles de emisión, tal como se ha demostrado en diferentes programas de autorregulación, en donde se han alcanzado reducciones de hasta 35 % en el nivel de opacidad.

Igualmente se debe considerar que los estándares vigentes en la Resolución 910 de 2008 no contempla los vehículos de tecnología Euro IV, por lo que se define un estándar más estricto para los vehículos con motor de encendido por compresión (ciclo diésel) que ingresaron al país a partir del año 2015.

Un vehículo de tecnología avanzada tiene menores emisiones que un vehículo de tecnología inferior (ejemplo Euro II). Sin embargo, el mismo vehículo de mejor tecnología mal mantenido puede llegar a emitir tanto o más que uno de tecnología inferior.

Para realizar la propuesta de nuevos límites permisibles de vehículos con motor diésel (encendido por compresión), se tuvo en cuenta que:

- A partir del primero de enero de 2013 se distribuye diésel de 50 ppm de azufre en todo el país.

¹⁹ Obtenidas a partir de los procesos de seguimiento en vía y el reporte realizado por Centros de Diagnóstico Automotor a las autoridades ambientales.

- Los estudios realizados demuestran que, si se llevan a cabo unas buenas prácticas de mantenimiento vehicular, se pueden alcanzar niveles más bajos de emisión a los establecidos en la normativa actual.
- La segunda actualización de la NTC 4231 permite realizar el reporte de opacidad para vehículos diésel directamente en a 430 mm de longitud óptica efectiva Unidades de humo de Hartridge (HSU – Hartridge Smoke Units). Con esto se busca reducir la incertidumbre por error de digitación y se armoniza el método colombiano con los estándares internacionales aplicables en materia de pruebas de aceleración libre para diagnóstico de humos.

3.3.3.2. Seguimiento a fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera

En otros países se ha implementado el uso de la etiqueta de control de emisiones de las fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera como un mecanismo que le permite a las autoridades ambientales competentes reconocer los equipos para propósitos de seguimiento, control y verificación de conformidad. En este sentido, se propone una etiqueta con las siguientes características:

- Debe estar fijado en el motor de manera que no pueda ser removido sin que se destruya o desfigure.
- Ser durable y legible durante la totalidad de la vida útil del motor.
- Estar fijado a una parte esencial para la operación del motor que normalmente no requiera su remplazo durante la vida útil del motor.
- Estar localizado en lugar visible después de que el motor ha sido instalado en la maquinaria. Se podrá fijar una etiqueta suplementaria en otra parte que no sea el motor, que cumpla con las especificaciones señaladas en el presente Artículo, en caso de que la etiqueta solicitada en el motor quede oculta una vez el motor sea instalado en la maquinaria.
- Se deberá fijar una etiqueta suplementaria en el idioma español, en otra parte que no sea el motor, cuando éste cuente con una etiqueta que cumpla con las especificaciones señaladas en el presente Artículo y se encuentre en un idioma diferente al oficial de la República de Colombia.

El etiquetado deberá contener la siguiente información:

- Título: "Información importante del Motor".
- Nombre de la empresa fabricante.
- Designación del motor (código, por lo general numérico o alfanumérico, que identifica a la familia de motores).
- Tipo de motor
- Cilindraje del motor.
- Potencia neta nominal del motor.
- Combustible requerido.
- Fecha de fabricación (mes y año).
- Indicar de manera expresa el límite de emisión que cumple el motor (por ejemplo, Tier 3, Stage IV, entre otros).
- Ciclo de medición de emisiones.

Se podrá incluir información adicional en la etiqueta requerida como por ejemplo condiciones de mantenimiento o conformidad o no con otras disposiciones legales.

Adicional a lo anterior, para el caso de las fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera se sugiere la utilización de la escala por comparación de Ringelmann para determinar el grado de opacidad ocasionada

por este tipo de vehículos. Este método tiene facilidad de implementación, tanto por su coste bajo como por el hecho de que las autoridades están en capacidad de implementarlo.

Habiendo verificado previamente que la fuente móvil terrestre de uso fuera de carretera se encuentra funcionando a temperatura normal de operación, se considera que las emisiones aceptables corresponden a un oscurecimiento menor al patrón No.2 de la escala de Ringelmann durante tres aceleraciones a fondo consecutivas; caso contrario, la autoridad ambiental impondrá la sanción a la que haya lugar.

3.4. OTRAS DISPOSICIONES.

Para evitar las emisiones del cárter directamente a la atmósfera, las fuentes móviles terrestres de carretera fabricadas, ensambladas o importadas deberán tener un sistema de recirculación de las emisiones del cárter.

No se podrán usar dispositivos de desactivación que reduzcan los sistemas de control de las fuentes móviles salvo en los casos en los que se justifique técnicamente esta necesidad. Así mismo, las fuentes móviles de carretera deberán sistema de diagnóstico a bordo (OBD) que cumpla con la normativa estadounidense o europea, de conformidad con lo exigido para su estándar de emisión específico.

La metodología, los equipos y procedimientos para determinar las emisiones contaminantes de las fuentes móviles son las establecidas en las Normas Técnicas Colombianas específicas para cada tipo de vehículo, conforme lo establece la Resolución 3768 de 2013 del Ministerio de Transporte.

Igualmente, el proyecto normativo insta al IDEAM para la definición de un "*Protocolo para la certificación a Centros de Diagnóstico Automotor en materia de emisiones contaminantes*", el cual deberá ser seguido por autoridades ambientales competentes para hacer el seguimiento de CDA.

Como complemento a las medidas de seguimiento y control definidas en el proyecto reglamentario, las autoridades ambientales podrán emplear técnicas de muestreo con sensores remotos para la restricción de tránsito vehicular con fines ambientales, así como el conteo de partículas. Las autoridades ambientales que implementen este tipo de medidas deberán enviar semestralmente al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible un reporte que incluya las características metodológicas y los resultados de su implementación, con el propósito de evaluarlos y definir viabilidad de implementación.

Las Autoridades Ambientales, los interesados en ingresar al país vehículos para su circulación por las vías públicas del país así como los laboratorios ambientales, que realicen medición de emisiones contaminantes para cumplir lo establecido en la presente resolución, deberán contar con la autorización del proceso de medición de emisiones contaminantes otorgada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), quien deberá hacer seguimiento por lo menos cada doce (12) meses, incluyendo dentro de las resoluciones de autorización reportará la capacidad operativa horaria (#/pruebas/hora) en las resoluciones de autorización con el propósito de realizar un mayor seguimiento a las pruebas adelantadas por parte de los laboratorios encargados de estas actividades.

Se adoptan los siguientes anexos para el reporte de la información de las fuentes móviles:

- Formato del Certificado de Emisiones en Prueba Dinámica (CEPD) y Visto Bueno por Protocolo de Montreal: Formato unificado.
- Formatos de certificación inicial de las emisiones contaminantes: Se crean los formatos para el reporte de la información proveniente de las pruebas estáticas realizadas para la certificación inicial de las emisiones de los vehículos que se incorporarán al parque automotor:

- Motocicletas, vehículos de 3 ruedas, cuadriciclos y demás vehículos con componentes mecánicos de motocicleta.
- Vehículos automotores con motor de encendido por chispa.
- Vehículos automotores con motor de encendido por compresión.
- Formato de reporte de vehículos importados, ensamblados o fabricados: Se crea formato para la presentación del reporte con la cantidad de vehículos que han ingresado al país en el año inmediatamente anterior amparados por cada CEPD emitido.
- Información a reportar por Centros de Diagnóstico Automotor: Se establece la información mínima a reportar por Centros de Diagnóstico Automotor a las Autoridades Ambientales.

4. IMPACTO ECONÓMICO

La norma propuesta para fuentes móviles terrestres de carretera no genera impactos económicos negativos sobre los recursos del Gobierno Nacional. Por el contrario, contribuye al mejoramiento de la calidad del aire lo que conlleva a la reducción de costos en salud y seguridad vial.

Los costos en la salud asociados a la degradación ambiental en el país ascienden a \$16.6 billones de pesos, equivalentes al 2,08% del PIB del año 2015, relacionados con 13.886 muertes. Dentro de estos costos, la contaminación del aire urbano aportó el 73%, con \$12.2 billones de pesos (1,5% del PIB de 2015) asociados a 8.000 muertes. Así mismo, el estudio señala que las partículas son el principal contaminante del aire urbano en Colombia, el cual es producido principalmente por la combustión de combustibles fósiles, en especial el diésel, lo cual pone en evidencia que es necesario seguir implementando estrategias para lograr la efectiva reducción de Material Particulado.

De acuerdo con los resultados de la evaluación de la carga de la enfermedad presentados en el Plan Integral de Gestión de la Calidad (PIGECA) del Aire, “(...) la contaminación del aire ocasionó 1790 mortalidades prematuras en los municipios del Valle de Aburrá distribuidas en 1748 mortalidades en adultos y 42 en niños. Esto equivale al 12% de la mortalidad en estos municipios y representa un costo de 2.3 billones de pesos (...)”.

Adicionalmente y de acuerdo con los datos presentados por la Agencia Nacional de Seguridad Vial, durante el 2017 se presentaron 6479 fallecidos en siniestros viales, de los cuales entre el 54% tienen entre 20 y 49 años, es decir se encuentran en edad productiva. Así mismo estos accidentes han dejado alrededor de 38 mil casos de personas lesionadas.

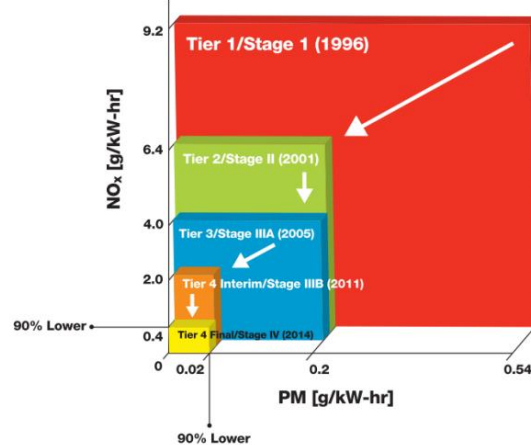
Con la norma se busca mejorar operativos en vía e incrementar actividades de mantenimiento por parte de los propietarios para reducir las emisiones generadas por los vehículos, lo cual tendrá impactos positivos en salud por exposición e indirectamente contribuirá positivamente en la seguridad vial al incrementar el mantenimiento de los vehículos.

Para el caso de las fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera los costos incrementales en las mejoras tecnológicas no reducen las descargas de contaminantes para todos los parámetros en igual proporción. Sin embargo, para el caso colombiano se debe resaltar la reducción del contaminante principal, que es el material particulado (PM).

La reducción progresiva de material particulado emitido se presenta en la Figura 28. Esta información permite inferir que el estándar normativo adecuado para las fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera en Colombia es el conocido en Europa como Stage IIIB (o Tier 4 interim en Estados Unidos). Lo anterior,

obedece al hecho de ser el estándar normativo que está en el mercado internacional desde hace más de ocho (8) años, lo cual es tiempo suficiente para no generar obstrucciones a los mercados, al no ser un nuevo estándar en el mundo y a su vez aporta una reducción del material particulado de más del 90 % respecto del primer estándar tecnológico en el mundo Tier1/Stage 1. Con el propósito de comparar los costos asociados a esta propuesta tecnológica respecto a los otros estándares existentes, superiores e inferiores, se presentan la Tabla 11 y Tabla 12²⁰ con costos comparados para Estados Unidos y para Europa.

Figura 28. Reducción de PM y NOx estándares de emisión fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera



Fuente: Tampere University of Thecnology²¹.

Tabla 11. Costo total de tecnología de control de emisiones en Estados Unidos.

	Estándar	19-37 kW	37-56 kW	56-75 kW	75-130 kW	130-224 kW	224-447 kW	447-560 kW
Costo total de mejora tecnológica (USD)	Tier 2 o Tier 3	251	485	850	1366	1627	1941	2731
	Tier 4i	265	862	1569	2227	2859	3621	5933
	Tier 4f	1035	1412	2544	2808	3797	4787	7759

Fuente: The International Council on Clean Transportation, 2018

Tabla 12. Costo total de tecnología de control de emisiones en Europa.

	Estándar	19-37 kW	37-56 kW	56-75 kW	75-130 kW	130-224 kW	224-447 kW	447-560 kW
Costo total de mejora tecnológica (USD)	Stage II/IIIA ²²	251	485	850	1366	1627	1941	2731
	Stage IIIB	265	862	1569	2227	2859	3621	5933
	Stage IV	1035	1412	2544	2808	3797	4787	7759
	Stage V	1250	1697	3201	3574	4877	6191	10366

²⁰ No contienen los costos operacionales incurridos por el propietario del equipo ni incluyen los costos asociados a mejoras de combustible a ultra bajo azufre. Esto último, por encontrarse ya incorporado en la senda de mejoramiento de combustibles de Colombia conforme a la Ley 1772 de 2019. De igual manera, no contemplan costos incurridos en rediseño de los fabricantes para mejoras tecnológicas por ya haber sido solventadas (hace más de 8 años para Stage IIIB o Tier 4 interim el cual es el estándar propuesto).

²¹ Imagen tomada de https://www.cimac.com/cms/upload/events/cascades/CASCADES_2017_Finland/12_Seppo_Tikkanen_cimaccascades_final.pdf el 27 de julio del 2020.

²² Corresponde a la tecnología Stage II para los rangos de potencia comprendidos entre 19 y 56 kW y a tecnología Stage IIIA para rangos de potencia comprendidos entre 56 y 560 kW.

Fuente: The International Council on Clean Transportation, 2018

De la Tabla 11 y Tabla 12, comparadas con la Figura 28, de los estándares normativos, se aprecia que los estándares Stage IIIA/Tier 3 (inmediatamente inferior a Stage IIIB/Tier 4interim) tan solo aportan cerca de un 60% de reducciones de material particulado (PM) respecto al más del 90% proporcionado por el nivel Stage IIIB con una diferencia de costos relativamente baja para el valor de la maquinaria objeto de regulación. De otra parte, al observar el límite de Stage IV (inmediatamente superior a Stage IIIB) la reducción de contaminantes se presenta respecto al dióxido de nitrógeno y no respecto al primer contaminante de interés en Colombia, el cual es el material particulado. A este análisis, se suma que el costo de esta tecnología puede llegar incluso a ser cerca de cuatro (4) veces el costo asociado a una propuesta tecnológica Stage IIIB. En conclusión, se encuentra que el estándar normativo Stage IIIB/Tier 4i aporta el mayor beneficio ambiental en reducción de partículas contaminantes respecto al costo de ésta.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los inventarios de emisión realizados en Colombia han determinado que los mayores problemas de contaminación del aire se han ocasionado por las fuentes móviles en circulación, principalmente por aquellos que utilizan para su funcionamiento diésel, por lo que se deben tomar medidas que fortalezcan los esquemas de seguimiento y control.

La Resolución 2254 de 2017 que establece los niveles máximos permisibles de calidad del aire para Colombia establece como meta para el año 2030 la adopción del objetivo intermedio 3 para partículas, contaminante sobre el que más se incumple la norma, lo cual prioriza la necesidad de establecer estrategias para la reducción de emisiones contaminantes, especialmente las provenientes de vehículos, en consideración a los resultados de los inventarios de emisiones.

La norma propuesta toma en cuenta las recomendaciones hechas por la OCDE ya que consolida tres normas vigentes para la reglamentación de los límites de emisión de fuentes móviles: Resolución 910 de 2008, modificada por la Resolución 2604 de 2009 y la Resolución 1111 de 2013.

Se deben mantener los límites máximos permisibles de emisión de vehículos nuevos vigentes en la actualidad hasta tanto no se distribuyan en el país los combustibles en la calidad definida en el Ley 1972 de 2019.

De acuerdo con las mesas de trabajo, los estudios realizados, los resultados de los inventarios de emisión realizados en diferentes ciudades del país, así como los costos en degradación ambiental realizados por el DNP, los cuales evidencian los costos por contaminación del aire, se considera prioritario realizar los ajustes a la norma de emisiones de fuentes móviles que se encuentra vigente desde el año 2008, tiempo en el que han entrado al país nuevas tecnologías y en el que se ha evidenciado un enorme incremento del parque automotor de Colombia, especialmente en los centros urbanos, lo cual afecta fundamentalmente la salud de la población.

BIBLIOGRAFÍA

AMVA & UPB. (2017). Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, actualización 2015. Convenio de Asociación No. C.A. 335 de 2016. Informe de avance febrero de 2017. Disponible en: https://www.epm.com.co/site/Portals/2/ESTUDIOS%20GNV/Informe_Inventario_emisiones_2015.pdf?ver=2018-05-08-161950-497.

Banco Mundial & IHME. (2016). The Cost of Air Pollution. Strengthening the economic case for action. Disponible en: <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/781521473177013155/pdf/108141-REVISED-Cost-of-PollutionWebCORRECTEDfile.pdf>

DNP (2013). CONPES 3759 "Lineamientos de política para la modernización del transporte automotor de carga y declaratoria de importancia estratégica del programa de reposición y renovación del parque automotor de carga". Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3759.pdf>

DNP. (2018a). Valoración económica de la degradación ambiental en Colombia 2015. Contaminación del aire urbano, contaminación del aire interior y deficiencias en el acceso al acueducto y el alcantarillado. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Valoraci%C3%B3n%20econ%C3%B3mica%20de%20la%20degradaci%C3%B3n%20ambiental.pdf>

DNP. (2017). CTTO DNP - 605 de 2016 "Realizar una evaluación de resultados de la política de prevención y control de la contaminación del aire, con el objetivo de determinar la efectividad de las medidas de prevención y control implementadas, y planear recomendaciones que permitan mejorar la gestión de la calidad del aire en el país". Disponible en https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Informe_Evaluacion_Contaminaci%C3%B3n_Aire.pdf

DNP. (2018b). CONPES 3943 "Política para el mejoramiento de la calidad del aire". Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3943.pdf>

DNP. (2019). Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/PND-2018-2022.pdf>

ECMA. (2020). Normas de emisiones de la India. Disponible en: <http://www.ecmaindia.in/iestandards.aspx?mpgid=24&pgid1=26&pgidtrail=60> (Consultado el 13 de abril de 2020)

Environmental Protection Agency (2000). 40 CFR Parts 80, 85, and 86 Control of Air Pollution From New Motor Vehicles: Tier 2 Motor Vehicle Emissions Standards and Gasoline Sulfur Control Requirements; Final Rule. Disponible en <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2000-02-10/pdf/00-19.pdf>

Environmental Protection Agency (2014). 40 CFR Parts 79, 80, 85, et al. Control of Air Pollution From Motor Vehicles: Tier 3 Motor Vehicle Emission and Fuel Standards; Final Rule. Disponible en: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2014-04-28/pdf/2014-06954.pdf>

Environmental Protection Agency. (2017). National Emissions Inventory (2014). Recuperado en Julio de 2019, de https://edap.epa.gov/public/extensions/nei_report_2014/dashboard.html#sector-db

European Environment Agency. (2018). Air pollutant emissions data viewer (Gothenburg Protocol, LRTAP Convention) 1990-2016. Recuperado el Julio de 2019, de <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-1>

Gobierno Nacional. (2002). Código nacional de tránsito terrestre – Ley 769. Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0769_2002.html

Gobierno Nacional. (2008). Ley 1205. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=31441>

Gobierno Nacional. (2009). Ley 1333. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36879>

Gobierno Nacional. (2015). Ley 1755. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=65334>

Gobierno Nacional, (2019). Ley 1955. Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1972_2019.html

Gobierno Nacional, (2019). Ley 1972. Disponible en: <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201955%20DEL%2025%20DE%20MAYO%20DE%202019.pdf>

Gobierno Nacional. (2012). Decreto 19. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=45322>

IARC. (2012). IARC: Diesel engine exhaust carcinogenic. Disponible en: https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr213_E.pdf

ICONTEC. (2012). NTC 4231: Procedimientos de evaluación y características de los equipos de flujo parcial necesarios para medir las emisiones de humo generadas por las fuentes móviles accionadas con ciclo diésel. Método de aceleración libre. Bogotá, D.C.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2019). Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2018. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023870/lecac2018.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076. Disponible en: <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wpcontent/uploads/2013/08/Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2006). Resolución 653. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Resoluciones/res_0653_110406_1.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2008). Resolución 910. Disponible Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas_contaminantes/fuentes_moviles/Resolucion_910_de_2008_-_Fuente_M%C3%B3viles.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2009). Resolución 2604. Disponible Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas

[_contaminantes/fuentes_moviles/Resoluci%C3%B3n_2604_de_2009_-_Combustibles_limpios_y_l%C3%ADmites_emisi%C3%B3n_vehiculos_transporte_de_pasajeros.pdf](#)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Resolución 1111. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas_contaminantes/fuentes_moviles/Resoluci%C3%B3n_1111_de_2013_-_Modifica_parcialmente_Resoluci%C3%B3n__910_de_2008.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010). Resolución 610. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/bf-Resoluci%C3%B3n%20610%20de%202010%20-%20Calidad%20del%20Aire.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Transporte Público Masivo libre de hollín y más eficiente. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas_contaminantes/documentos_relacionados/TRANSPORTE_P%C3%9ABLICO_MASIVO.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Resolución 2254. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96res%202254%20de%202017.pdf>

Ministerio de Comercio, Industria y Comercio. (2019). Decreto 1460. Disponible en: <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201460%20DEL%2013%20DE%20AGO%20STO%20DE%202019.pdf>

Ministerio de Comercio, Industria y Comercio. (2017). Resolución 544. Disponible en: <http://www.mincit.gov.co/getattachment/8a6aa7b1-95f9-4868-870d-21d9e0dd9f3a/Resolucion-544-quot-Por-la-cual-se-expiden-disposi.aspx>

Ministerio de Comercio, Industria y Comercio. (2018). Resolución 524. Disponible en: <http://www.mincit.gov.co/getattachment/73fcfe03-a795-461b-ba17-cb578e91550c/Resolucion-0524-quot-Por-la-cual-se-expiden-dispos.aspx>

Ministerio de Transporte. (2015). Decreto 1079. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77889>

Ministerio de Transporte. (2013). Resolución 3768. Disponible en: <https://www.mintransporte.gov.co/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=descargas&IFuncion=visorpdf&id=15414&pdf=1>

Ministerio de Transporte. (2014). Resolución 3124. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=59831&dt=S>

Ministerio de Transporte. (2017). Resolución 160. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=68085&dt=S>

Ministerio de Transporte (2019). Transporte en Cifras – Estadísticas 2018. Disponible en: <https://www.mintransporte.gov.co/documentos/15/estadisticas/>

Organización Mundial de la Salud. (2016a). (Nota descriptiva: Calidad del aire ambiente (exterior) y salud de 2016). Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/detail/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact>

Organización Mundial de la Salud. (2016b). Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the burden of disease from environmental risks. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204585/9789241565196_eng.pdf?sequence=1

Organización Mundial de la Salud. (2019). Respira la vida: una campaña sobre los peligros de la contaminación atmosférica. Disponible en <https://www.who.int/phe/infographics/breathe-life/es/>

Parlamento Europeo y del Consejo. (2016). Reglamento (UE) 2016/1628. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A32016R1628>

Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina Plus (CALAC+) de la Agencia Suiza para el Desarrollo y Cooperación COSUDE. Guía Metodológica para la Construcción del Inventario de Maquinaria Móvil No de Carretera (Estimación de la población de maquinaria).

Secretaría Distrital de Ambiente. (2010). Plan decenal de descontaminación del aire para Bogotá. Disponible en: http://ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=b5f3e23f-9c5f-40ef-912a-51a5822da320&groupId=55886

Secretaría Distrital de Ambiente. (2015). Actualización del Inventario de Emisiones para Bogotá a 2012. Resumen técnico. Bogotá D.C.

Secretaría Distrital de Ambiente. (2017). Documento técnico de soporte – Modificación del Decreto 98 de 2011. Informe Técnico No. 00634, 18 de abril del 2017. Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/0/4.+DTS+modificaci%C3%B3n+PDDAB+2017.pdf>

Secretaría Distrital de Ambiente (2019). Caracterización de maquinaria de construcción en la ciudad de Bogotá, D.C. Seminario Internacional Maquinaria de Construcción Libre de Hollín: Reducir la Contaminación y Mitigar el Cambio Climático, Santiago de Chile. (archivo adjunto en el correo).

The International Council on Clean Transportation. (2017). Low-carbon technology pathways for soot-free urban bus fleets in 20 megacities. Disponible en: https://theicct.org/sites/default/files/publications/Low-carbon-tech-pathways-soot-free-buses-megacities_ICCT-working-paper_31082017_vF.pdf

The International Council on Clean Transportation. (2018). Costs of Emission Reduction Technologies for Diesel Engines Used in Non-Road Vehicles and Equipment. Disponible en: https://theicct.org/sites/default/files/publications/Non_Road_Emission_Control_20180711.pdf

The International Council on Clean Transportation and DieselNet (2020). Transportpolicy.net: EU: Nonroad: Emissions. Disponible en: <https://www.transportpolicy.net/standard/eu-nonroad-emissions/> (Consultado el 14 de abril de 2020)



**El ambiente
es de todos**

Minambiente

