

Informe sobre el desarrollo y supuestos del escenario de mitigación

# **PMR COLOMBIA: ACTUALIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE ESCENARIOS DE EMISIONES DE GEI POR SECTOR Y EVALUACIÓN DE COSTOS DE ABATIMIENTO ASOCIADOS**

**[Manual del usuario del modelo LEAP-Colombia]**



Vito: Anjana Das, Juan Correa, Maarten Pelgrims  
Universidad de los Andes: Ricardo Morales, Jose Lenin Morillo, Juan Camilo Herrera, Mónica Espinosa, Juan Felipe Mendez, Angela Cadena

[En colaboración con]



Grupos del Banco Mundial : Jan Peter Lesschen, Eric Arets  
CIAT: Ana María Loboguerrero

[Preparado para]  
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible  
Departamento Nacional de Planeación  
Ministerio de Hacienda y Crédito Público

[Encargo de]



**WORLD BANK GROUP**



**pmr** | PARTNERSHIP FOR  
MARKET READINESS

Banco Mundial bajo el programa Colombia Partnership for Market Readiness (PMR-Colombia)

Noviembre 2020

## Tabla de contenido

1.	Consideraciones generales .....	9
2.	Análisis de escenarios con el modelo LEAP .....	11
2.1.	Escenario de referencia .....	11
2.2.	Escenarios de mitigación.....	12
3.	Configuración del modelo.....	13
3.1.	Resolución temporal .....	13
3.2.	Lista de combustibles.....	13
3.3.	Escenarios en el modelo .....	14
4.	Descripción del modelo .....	16
4.1.	Establecer supuestos clave .....	16
4.1.1.	Demografía.....	17
4.1.2.	Económicos .....	18
4.1.3.	Residuos .....	22
4.1.4.	Factores de corrección.....	24
4.1.5.	Factores de emisión .....	25
4.1.6.	Reducción de intensidad energética.....	26
4.1.7.	Precios de combustibles .....	26
4.1.8.	Acciones de mitigación .....	27
5.	Demanda.....	27
5.1.	Coquerías y Refinerías {1A1b y 1A1ci} .....	27
5.2.	Industria .....	29
5.2.1.	Energía útil .....	29
5.2.2.	Energía final .....	31
5.3.	Transporte.....	33
5.3.1.	Estructura de LEAP para el sector transporte.....	33
5.3.2.	Modelación de demanda de energía .....	36
5.3.1.	Caracterización de la flota vehicular.....	37
5.3.1.	Crecimiento de demanda energética en escenario de referencia.....	38
5.4.	Terciario .....	40
5.4.1.	Comercial .....	40
5.4.2.	Publico.....	48
5.4.3.	Historico .....	48
5.5.	Residencial .....	50
5.5.1.	Áreas urbanas .....	50
5.5.2.	Rural .....	63
5.5.3.	Zonas no interconectadas (ZNI) .....	63

5.5.4.	Histórico .....	64
5.6.	Agricultura.....	66
5.6.1.	Estacionaria.....	66
5.6.2.	Vehículos todo terreno y otra maquinaria.....	68
5.6.3.	Histórico .....	69
5.7.	Uso de energía no especificado .....	70
5.8.	No Energético.....	72
6.	Transformación .....	72
6.1.	Generación de Electricidad .....	72
6.2.	Transformación de combustibles sólidos .....	75
6.2.1.	Carbón vegetal (carbón de leña).....	75
6.2.2.	Coque .....	75
6.3.	Autogeneración y cogeneración .....	75
6.4.	Producción de combustibles líquidos .....	76
6.4.1.	Refinerías .....	76
6.4.2.	Bioetanol y biodiesel.....	77
6.4.3.	Mezcla biocombustibles.....	78
6.5.	Extracción de carbón, gas natural y petróleo .....	78
6.5.1.	Carbón.....	78
6.5.2.	Gas natural .....	80
6.5.3.	Petróleo.....	81
7.	Recursos.....	82
8.	Emisiones Fugitivas (1B).....	84
9.	Procesos industriales y uso de productos {2} .....	86
9.1.	Procesos industriales y uso de productos.....	86
9.1.1.	Categorías 2A a 2D .....	87
9.1.2.	Categoría 2F .....	88
10.	AFOLU {3}.....	88
11.	Desechos {4}.....	91
11.1.	Valores de Entrada.....	92
11.2.	Fórmulas y expresiones no modificables .....	96
12.	Indicadores.....	97
13.	Escenarios de mitigación.....	98

## Lista de Figuras

Figura 1: Esquema de la estructura del modelo LEAP-Colombia.....	10
Figura 2: Método de explicación del modelo .....	10
Figura 3: Nomenclatura de escenarios en el modelo LEAP Colombia NDC 2020 .....	12
Figura 4: Ajuste de años en el modelo Colombiano .....	13
Figura 5: Lista de combustibles en el modelo LEAP-Colombia .....	14
Figura 6: Escenario de referencia.....	15
Figura 7: Componentes principales del modelo .....	16
Figura 8: Desarrollo de supuestos clave .....	16
Figura 9: Suposiciones clave-Demografía (Cuentas actuales).....	17
Figura 10: Suposiciones clave - Demografía (escenario de referencia) .....	18
Figura 11: Estructura de "Economicos" .....	18
Figura 12: Suposiciones clave en "Económicos" (cuenta actual).....	19
Figura 13: Supuestos clave sobre Económicos (R2: Escenario de referencia) .....	19
Figura 14: GDP sectorial.....	20
Figura 15: Desagregación subsectorial .....	21
Figura 16: Valor añadido subsectorial (subsectores industriales) .....	21
Figura 17: Cálculo del valor añadido subsectorial .....	22
Figura 18: Valor añadido desagregado para el sector Público.....	22
Figura 19: Variables y supuestos para el cálculo del sector de desechos. ....	23
Figura 20: Parámetros que dependen del componente de los desechos y la zona climática. ....	24
Figura 21: Referencias a parámetros de Emisiones asociados a Tratamiento de Aguas usando la funcionalidad Elaboración. ....	24
Figura 22: Factores de Corrección .....	25
Figura 23: Factores de emisión .....	25
Figura 24: "Elaboración" sobre el uso del factor de emisiones en el cálculo.....	26
Figura 25: Suposiciones clave sobre "Reducción Intensidad Energética" .....	26
Figura 26: Modelado de los precios de los combustibles .....	27
Figura 27: Explicación del uso de la energía de modelado en la refinería.....	28
Figura 28: Explicación del uso de energía de modelado en refinería (cont.).....	28
Figura 29: Representación en LEAP de la categoría 1A2 Industria .....	29
Figura 30: Representación en LEAP de la subcategoría 1A2a Hierro y acero .....	30
Figura 31: Representación en LEAP del uso de calor directo en la subcategoría 1A2a Hierro y acero.....	30
Figura 32: Representación en LEAP del empleo de gas natural para el uso de calor directo en la subcategoría 1A2a Hierro y acero.....	31
Figura 33: Representación en LEAP del empleo de gas natural para el uso de calor directo en la subcategoría 1A2a Hierro y acero.....	32
Figura 34: Representación en LEAP de la participación de combustibles en la subcategoría 1A2i Minería y Cantería.....	32
Figura 35: Estructura general sector transporte.....	33
Figura 36: Estructura sector transporte-Nivel 2. ....	33
Figura 37: Estructura segmento carretero.....	34
Figura 38: Estructura según energéticos en segmentos aviación, ferrocarriles y navegación. ....	34
Figura 39: Ejemplo de la estructura del transporte carretero según tipología de la flota y energéticos. ....	35
Figura 40: Modelación en función de la intensidad energética.....	36
Figura 41: Representación años 2010-2013 tamaño flota segmento carretero.....	37
Figura 42: Representación años 2010-2013 segmento carretero. ....	37
Figura 43: Caracterización de la flota con perfil de edades del stock.....	37
Figura 44: Caracterización de la flota según tasas de salida.....	38
Figura 45: Función para representar el rendimiento del combustible y mejoras futuras. ....	38



Figura 46: Proyección de escenario de referencia en metodología de intensidad energética. ....	39
Figura 47: Tasas de crecimiento de las ventas de flota. ....	39
Figura 48: Variables para proyección de tasas de motorización. ....	39
Figura 49: Representación del sector terciario .....	40
Figura 50: Explicación del subsector comercial .....	41
Figura 51: Explicación del uso final "Calor Indirecto" .....	42
Figura 52: Explicación del fin-uso "Calor Indirecto" (cont.).....	42
Figura 53: Explicación del uso final "Calor Indirecto"(cont.) .....	43
Figura 54: Explicación del uso final "Iluminacion" .....	44
Figura 55: Explicación del uso final "Iluminacion"(cont.) .....	44
Figura 56: Explicación del uso final "Fuerza Motriz" .....	45
Figura 57: Explicación del uso final "Fuerza Motriz"(cont.).....	46
Figura 58: Explicación del uso final "Refrigeracion" .....	46
Figura 59: Explicación de la modelación de "Aire acondicionado" .....	47
Figura 60: Explicación del modelado de "Otros" .....	48
Figura 61: Explicación de datos históricos de entrada.....	49
Figura 62: Explicación de datos históricos de entrada (cont.) .....	49
Figura 63: Sector residencial en el modelo LEAP-Colombia .....	50
Figura 64: Información de "Activity Level" sobre el sector residencial urbano .....	51
Figura 65: "Activity Level" de Calor Directo .....	51
Figura 66: Entrada de datos en "UE_Residencial" .....	52
Figura 67: Representación de datos sobre "Useful Energy Intensity" .....	53
Figura 68: Explicación del uso final del modelado "Calor Directo" para el sector residencial urbano.	53
Figura 69: Explicación del uso final del modelado de "Calentamiento Agua" para el sector residencial urbano.....	54
Figura 70: Explicación del uso final del modelado "Calentamiento Agua" para el sector residencial urbano (cont.) .....	55
Figura 71: Explicación del uso final del modelado "Iluminacion" para el sector residencial urbano ...	55
Figura 72: Explicación del modelado del uso final "Iluminación" para el sector residencial urbano...	56
Figura 73: Explicación del del modelado de "Iluminacion" para el sector residencial urbano (cont.)	57
Figura 74: Explicación de la modelización "Iluminacion" para el sector residencial urbano (cont.)....	58
Figura 75: Explicación del modelado de "Refrigeracion" para el sector residencial urbano.....	58
Figura 76: Explicación del modelado de "Aire acondicionado" para el sector residencial urbano .....	59
Figura 77: Explicación del modelado de "Aire acondicionado" para el sector residencial urbano (cont.) .....	60
Figura 78: Explicación del modelado de "Fuerza Motriz" para el sector residencial urbano.....	60
Figura 79: Explicación del modelado de "Lavadora" para el sector residencial urbano .....	61
Figura 80: Explicación del modelado de "Television" para el sector residencial urbano .....	62
Figura 81: Explicación del modelado "Television" para el sector residencial urbano (cont.) .....	62
Figura 82: Explicación del modelado de "Otros" para el sector residencial urbano .....	63
Figura 83: Modelado de zonas no interconectadas.....	64
Figura 84: Representación de datos históricos (sector residencial) .....	65
Figura 85: Representación de datos históricos para el sector residencial (cont). .....	65
Figura 86: Explicación de la modelación de uso energético en el sector agrícola.....	66
Figura 87: Explicación del modelado del uso estacionario de la energía en el sector agrícola.....	67
Figura 88: Explicación del modelado del uso de la energía térmica en el sector agrícola .....	67
Figura 89: Explicación del modelado del uso de la electricidad en el sector agrícola.....	68
Figura 90: Explicación del modelado del uso de la energía para la movilidad en el sector agrícola ....	68
Figura 91: Explicación del modelado del uso de la energía para la movilidad en el sector agrícola (cont.) .....	69

Figura 92: Representación de los datos históricos sobre el consumo de energía en el sector agrícola .....	70
Figura 93: Representación del uso de energía no especificado .....	71
Figura 94: Representación del uso de energía no especificado (cont.) .....	72
Figura 95: Método de despacho para plantas de generación de electricidad .....	73
Figura 96: Eficiencia de uso de combustible en las plantas de generación .....	73
Figura 97: Valores históricos de generación de electricidad por recurso.....	73
Figura 98: Capacidad instalada de generación en el sistema .....	74
Figura 99: Definición de los bloques de tiempo para la operación del sistema .....	74
Figura 100: Caracterización de la curva de demanda .....	74
Figura 101: Eficiencia producción de carbón vegetal. ....	75
Figura 102: Exportaciones carbón vegetal como factor impulsador producción coque. ....	75
Figura 103: Distribución de la electricidad generada en el módulo auto y cogeneración .....	76
Figura 104: Capacidad de generación estimada para auto y cogeneración (MW).....	76
Figura 105: Distribución de la producción de derivados del petróleo en refinerías. ....	76
Figura 106: Importaciones y exportaciones derivados del petróleo en refinerías. ....	77
Figura 107: Capacidad nominal eficiencia de las de las refinerías.....	77
Figura 108: Porcentaje de biocombustibles en las mezclas Diesel Bx y Gasolina Ex. ....	78
Figura 109: Participación minería subterránea y de superficie. ....	79
Figura 110: Histórico y proyecciones de las exportaciones de carbón.....	79
Figura 111: Intensidad energética (combustibles auxiliares) en la producción de carbón. ....	80
Figura 112: Perfil de producción oficial de gas natural a 2050.....	80
Figura 113: Capacidad de extracción de gas natural. ....	81
Figura 114: Representación de los recursos primarios.....	82
Figura 115: Representación de los recursos primarios (cont.) .....	83
Figura 116: Representación de los recursos primarios (cont.) .....	84
Figura 117: Estructura categoría emisiones fugitivas en LEAP. ....	85
Figura 118: Factores de emisión para emisiones fugitivas minería de carbón, y extracción de petróleo y gas natural.....	85
Figura 119: Vínculos de nivel de actividad para cálculo de emisiones fugitivas.....	86
Figura 120: Estructura de árbol del sector 2 Procesos Industriales y Uso de Productos y sus respectivas categorías 2A a 2F .....	86
Figura 121: Pantallazo del modelo LEAP Colombia para Non Energy Effect Loading.....	87
Figura 122: Representación en LEAP de las emisiones de la subcategoría 2F1a Refrigeración y Aire Acondicionado estacionario.....	88
Figura 123: Estructura del sector AFOLU en LEAP .....	89
Figura 124: Captura de pantalla de LEAP para el cálculo de la fermentación entérica para el ganado bovino .....	90
Figura 125: Captura de pantalla de LEAP para el aporte de emisiones relacionadas con la deforestación .....	90
Figura 126: Captura de pantalla de LEAP para la cantidad de nitrógeno para los cálculos de emisiones en la categoría 3C.....	91
Figura 127: Estructura principal del sector desechos. ....	92
Figura 128: Información de entrada para cálculo de emisiones de rellenos sanitarios. ....	92
Figura 129: Valores de entrada categorías 4A1b y 4A3. ....	93
Figura 130: Variable participación por tipo de tratamiento residuos sólidos. ....	93
Figura 131: Factores de emisión incineración abierta municipal. ....	94
Figura 132: Estructura tratamiento de aguas residuales domésticas.....	94
Figura 133: Distribución tratamiento aguas residuales urbanas con alcantarillado. ....	95
Figura 134: Información de entrada aguas residuales industriales y proyecciones asociadas al PIB sectorial.....	96

Figura 135: Descripción de Intensidad Energética.....	97
Figura 136: Descripción de Intensidad Energética.....	98
Figura 137: Sección “Key Assumption” para escenarios de mitigación.....	98
Figura 138: Cálculo del precio del combustible en el marco de la medida fiscal sobre el carbono. ....	99
Figura 139: Suposición clave sobre los valores de los impuestos sobre el carbono.....	100
Figura 140: Suposición clave sobre la elasticidad del precio de los combustibles fósiles .....	100
Figura 141: Cálculo del precio de los combustibles fósiles en el impuesto sobre el carbono.....	101
Figura 142: Ilustración del escenario de mitigación “Estufas de leña eficientes” .....	102
Figura 143: Definición de valores para la medida de mitigación “Estufas de leña eficientes” .....	102
Figura 144: Definición de valores para la medida de mitigación "Estufas de leña eficientes" .....	103
Figura 145: Datos de escenarios de referencia relacionados con la estufa de leña .....	104
Figura 146: Creación de escenarios de mitigación " EST: Estufas de Leña eficientes" .....	105
Figura 147: Representación de datos de eficiencia energética en el sector industrial en el escenario de referencia.....	106
Figura 148: Suposiciones clave creadas para definir el escenario de eficiencia energética industrial .....	107
Figura 149: Representación de la información en el escenario de mitigación “EFI_IND:Eficiencia industria” .....	108
Figura 150: Representación de la participación del nivel de eficiencia energética en el sector industrial en el escenario de referencia.....	108
Figura 151: Representación de la participación del nivel de eficiencia energética en el sector industrial para escenarios de mitigación .....	109

## Lista de Tablas

Tabla 1. Estructura, unidades y fuente de las variables y supuestos para los cálculos del sector de residuos.....	23
Tabla 2.Principales variables modulo extracción de petróleo. ....	81
Tabla 3. Expresiones y formulas no modificables en el sector desechos. ....	96

## 1. Consideraciones generales

En este Manual describimos diferentes componentes del modelo LEAP-Colombia (LEAP Colombia NDC 2020)). Este manual ha sido diseñado para usar/actualizar el modelo, hacer nuevos escenarios y llevar a cabo análisis de escenarios, etc. Suponemos que el usuario está familiarizado con cómo utilizar el software LEAP para modelar un sistema energético,<sup>1</sup> ha instalado software LEAP en computadora y ha cargado el modelo LEAP-Colombia en el software LEAP. No explicaremos la metodología, fórmulas/ecuaciones, métodos de cálculo, etc., ya que se presentan en los informes Escenario de referencia y Escenario de mitigación (Entregable 1 (D1) y Entregable 2(D2)). Por lo tanto, sugerimos al usuario que consulte estos informes mientras trabaja con el modelo.

Las capacidades de modelado de LEAP funcionan en dos métodos conceptuales básicos. En primer lugar, los cálculos integrados de LEAP se encargan de todos los cálculos de la energía, las emisiones y la contabilidad de costos y beneficios. Los usuarios introducen expresiones similares a hojas de cálculo que se pueden utilizar para especificar datos o fórmulas que varían en el tiempo con variables definidas por el usuario para crear una amplia variedad de cálculos sofisticados que capturan la representación del mundo real, desarrollando escenarios.

El modelo LEAP-Colombia (en adelante, denominado LEAP Colombia NDC 2020) entregado en el marco de este proyecto tiene un escenario de referencia/línea de base y un conjunto de escenarios de mitigación. Explicamos la estructura del modelo, los datos, el origen de los datos, la expresión, etc. en el escenario de referencia, lo que sería útil para comprender/actualizar el modelo. También explicamos cómo una medida de mitigación se traduce en un escenario de mitigación en el modelo con uno o dos ejemplos de medidas de mitigación.

La metodología para modelar fuentes colombianas de emisiones de GEI está dividida en cuatro sectores, i) energía (suministro y demanda), ii) procesos industriales y uso de productos, iii) agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, y iv) residuos.

LEAP Colombia NDC 2020 conecta las futuras emisiones de GEI de los sectores antes mencionados con el desarrollo socioeconómico del país. Para capturar los cambios en los sectores emisores de GEI como resultado, por ejemplo, de políticas, estilos de vida, tecnologías, etc., así como de hacer que el marco contable de GEI sea coherente con las directrices del IPCC, cada uno de estos sectores se ha dividido en varios niveles, subnúmeros, etc., representándolos con un conjunto de variables, parámetros, etc. En el informe de escenario de referencia se presenta una metodología detallada sobre los cálculos de las emisiones de GEI por cada sector junto con los supuestos que utilizan el modelo<sup>2</sup>LEAP.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta un contorno parcial de la estructura del modelo. Por ejemplo, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se representa la demanda energética de toda la economía que se ha dividido en varios subsectores como Industria (1A2), Transporte (1A3), Residencial (1A4b) mostrados en el Nivel 2 siguiendo la definición sectorial del IPCC. Cada uno de estos sectores ha sido subdividido, por ejemplo, la subdivisión del sector residencial se muestra en el Nivel 3 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Un conjunto de variables, parámetros, fórmulas se utilizan para representar un sector en varios niveles, en algún momento se introducen valores para las variables y parámetros, en algún momento se utilizan fórmulas/expresiones para calcular el valor de variable/parámetro. En cada nivel, hay un conjunto de botones que representan variables/parámetros LEAP (Nivel de actividad, Intensidad de energía final, etc.) o variable definida por el usuario. Este manual intenta explicar esos valores, sus

---

<sup>1</sup> A través de la formación o el autoaprendizaje utilizando el material:

<https://leap.sei.org/default.asp?action=trainingmaterials>

<sup>2</sup>MADS 2020, Propuesta de Actualizaciones y Consolidación de escenarios de emisiones de GEI por sector y evaluación de costos de abatimiento asociados en Colombia, Noviembre 2020.

fuentes, cómo se han utilizado y así sucesivamente definidos bajo un botón (Figura 20: Parámetros que dependen del componente de los desechos y la zona climática.

).

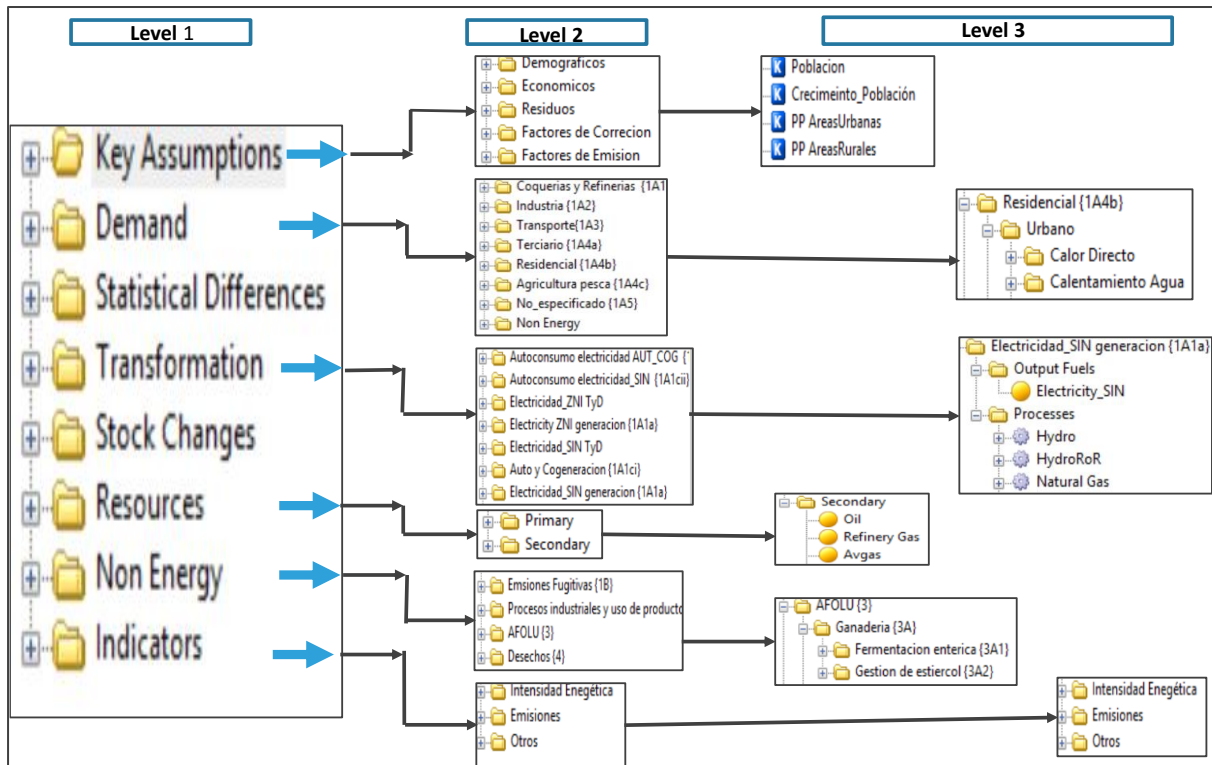


Figura 1:Esquema de la estructura del modelo LEAP-Colombia

**Button**

**Formula/link**

Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units	Per
Residencial (1A4b)					
Urbano	0.00	Key\Demograficos\Hogares Urbanos[Million Hogares]	Million	No data	Household
Calor Directo	97.22	97.22	Percent	Saturation	of Households
Electricidad_SIN	8.19	8.19	Percent	Share	of Households
Gas Natural	73.15	Remainder(100)	Percent	Share	of Households
Lena	1.12	1.12	Percent	Share	of Households
GLP	16.20	16.2	Percent	Share	of Households
Carbon	1.21	1.21	Percent	Share	of Households
Kerosene	0.13	0.13	Percent	Share	of Households

**Data**

**Notes**

**Source of data**

Figura 2: Método de explicación del modelo

El Manual del usuario está estructurado de la siguiente manera: El Capítulo 2 describe el análisis de escenarios con definiciones de escenarios utilizados en LEAP Colombia NDC 2020. El capítulo 3

presenta la configuración del modelo que describe la configuración del horizonte del modelo y los años del modelo, la lista de combustibles y la definición del escenario de referencia en el modelo. En el capítulo 4 se presentan varios componentes del modelo en el escenario de referencia y se explican los supuestos clave. Otros componentes como Demanda, Transformación, Recursos se explican en los sucesivos Capítulos 5 a 9. Por último, el escenario de mitigación se explica en el capítulo 10.

## 2. Análisis de escenarios con el modelo LEAP

Escenario de referencia o escenario de línea de base que representa un estado futuro de la sociedad y / o entorno en el que no se implementan nuevas políticas ambientales aparte de las que ya están en curso hoy en día.<sup>3</sup> Se evalúan varias medidas de mitigación en forma de escenarios de mitigación para la reducción de emisiones y otros impactos en relación con el escenario de referencia.

### 2.1. Escenario de referencia

Los escenarios de referencia para las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), también conocidos como Líneas de base de emisión, se desarrollaron para cada uno de los sectores definidos por la metodología del IPCC 2006 y adoptados por el Gobierno Nacional de acuerdo con las directrices definidas en el Segundo Informe Bienal de Emisiones (BUR2) 1 (IDEAM et al., 2018): i) energía (suministro y demanda), ii) procesos industriales y de uso de productos, iii) , la silvicultura y otros usos de la tierra, y iv) los desechos.

Escenario de referencia en este caso denominado como escenario R2 se basa en un conjunto de conductores clave decididos por el Ministerio. Estos conductores incluyen

- los motores socioeconómicos: la población y la economía, cómo se desarrollará el crecimiento de la población y la economía en el futuro;
- proyecciones de suministro de hidrocarburos como hidrocarburos ha sido un componente importante del PIB colombiano y los ingresos de ingresos.

Las fuentes de esta información son las siguientes:

**Crecimiento de la población:** Las proyecciones de crecimiento de la población colombiana se basan en información del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) (DANE, 2020).

- proyecciones de población actualizadas entre 1985-2050 basadas en el último censo de 2018 (DANE, 2020) En este escenario, se supone un crecimiento anual medio del 0,84%.

**Proyecciones del PIB/Crecimiento económico:** Las proyecciones del Producto Interno Bruto (PIB) sectorial se basan en la información secundaria de la Dirección de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible del Departamento Nacional de Planificación (DNP). El crecimiento sectorial del PIB entre 2020 y 2030 se proyecta utilizando el Modelo Colombiano de Equilibrio General Computable para el Cambio Climático (MEG4C). Se modelan diecisiete sectores de la economía: 1.) agricultura, (2.) ganadería, (3.) carbón, (4.) petróleo, (5.) otros minerales, (6.) agricultura -industria, (7.) los recursos naturales procesados, (8.) petróleo refinado, (9.) mano de obra no calificada de la industria, (10.) industrias de capital y alta tecnología, (11.) electricidad, (12.) gas natural, (13.) agua y alcantarillado, (14.) vivienda, (15.) obras civiles, (16.) transporte y (17.) servicios. El DNP lleva a cabo varias simulaciones de modelización y las tasas de crecimiento sectorial y del PIB son las siguientes:

- **E3:** Impulsores de proyección basados en el MFMP con impactos COVID-19 basados en lo publicado por el Ministerio de Hacienda en 2020 (incluidas las proyecciones de crecimiento sectorial correspondientes).

### Proyecciones de suministro de hidrocarburos

---

<sup>3</sup>[https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/baseline-scenario-:-:text=Baseline%20scenarios%20\(also%20known%20as,not%20have%20a%20a%20discernable%20influence](https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/baseline-scenario-:-:text=Baseline%20scenarios%20(also%20known%20as,not%20have%20a%20a%20discernable%20influence)



Las proyecciones de suministro de hidrocarburos se establecen a partir de información secundaria de la Unidad de Planificación Energética (UPME) de la siguiente manera:

**H1:** Escenarios de suministro y producción de hidrocarburos sin impactos COVID-19 y sin caída en el precio del petróleo en los primeros meses de 2020. Disponible en las publicaciones de UPME realizadas en 2019 y en los primeros meses de 2020.

Los detalles de la creación del escenario de referencia se explican en el informe Entregable 1: Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia.

R2: Referencia 2 (A) es el escenario de referencia debe utilizarse en el modelo LEAP Colombia NDC 2020 (*Figura 21: Referencias a parámetros de Emisiones asociados a Tratamiento de Aguas usando la funcionalidad Elaboración.*

).

## **2.2. Escenarios de mitigación**

Un escenario de mitigación refleja un futuro en el que la mitigación del cambio climático es una motivación primaria para la adopción de tecnologías y prácticas (como un cambio integral a fuentes de energía distintas de los combustibles fósiles) que reducen las emisiones de GEI o mejoran los sumideros de carbono<sup>4</sup>. Un escenario de mitigación puede incluir una o varias medidas de mitigación. Se desarrollan y analizan varios escenarios de mitigación. Una lista se puede ver en la Figura 3 Estos se definen y explican en el Capítulo 10: Escenarios de mitigación.

---

<sup>4</sup> Métodos básicos y conceptos para la evaluación de mitigación por parte de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático:

[https://unfccc.int/resource/cd\\_roms/na1/mitigation/Resource\\_materials/Greenhouse\\_Gas\\_Mitigation\\_Assessment\\_Guidebook\\_1995/chap02.pdf](https://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/mitigation/Resource_materials/Greenhouse_Gas_Mitigation_Assessment_Guidebook_1995/chap02.pdf)

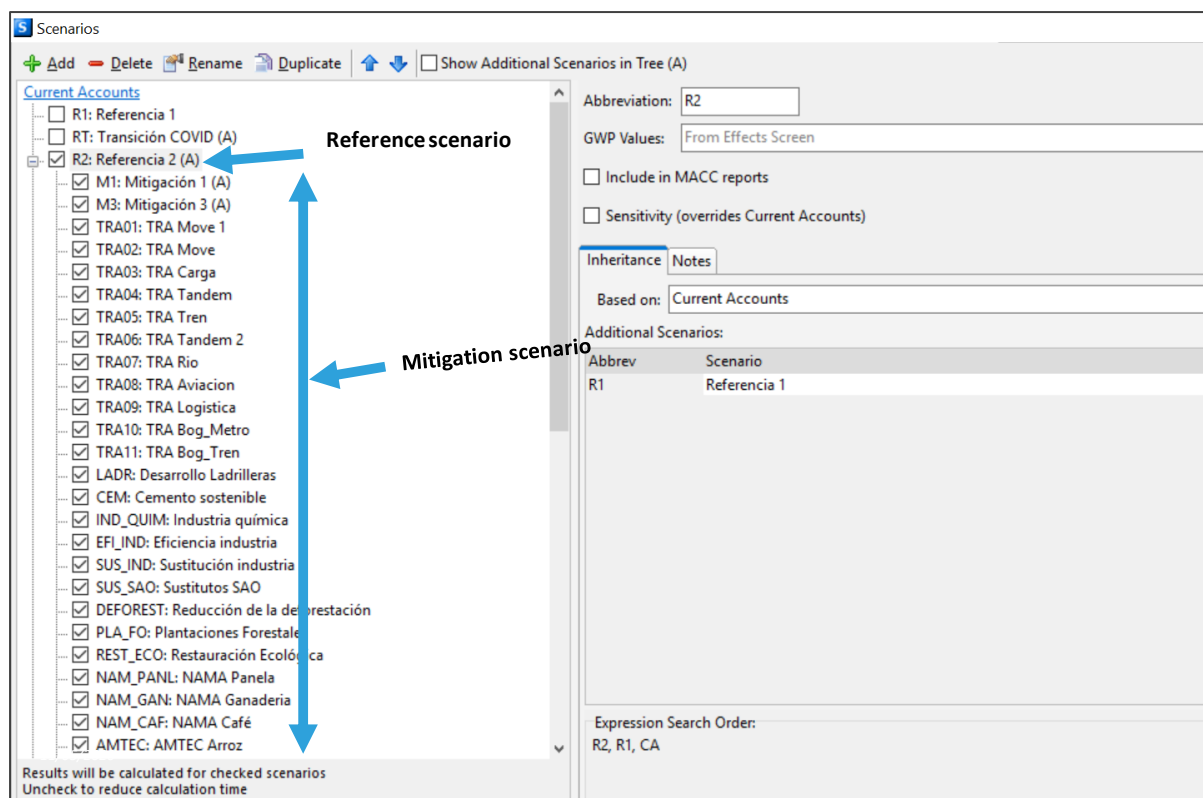


Figura 3: Nomenclatura de escenarios en el modelo LEAP Colombia NDC 2020

### 3. Configuración del modelo

#### 3.1. Resolución temporal

Para este aspecto se tiene en cuenta:

- datos históricos para los años 2010-2014 (2014 es también año para la comparación como cálculo detallado de GEI está disponible en BUR2 para este año)
- 2015-2030 como periodo NDC
- 2030-2050, como periodo de proyección

En el modelo LEAP, los datos de cuentas corrientes son los datos para el año base del estudio. Los datos históricos de 2010 a 2013 se especifican en cuenta corriente. 2014 es el primer año en el que se usan expresiones de escenario. El año monetario, al cual todos los costos serán descontados es 2015. Con el fin del año 2050, el horizonte del modelo es 2014-2050. Sugerimos no cambiar esta especificación (Figura 4).

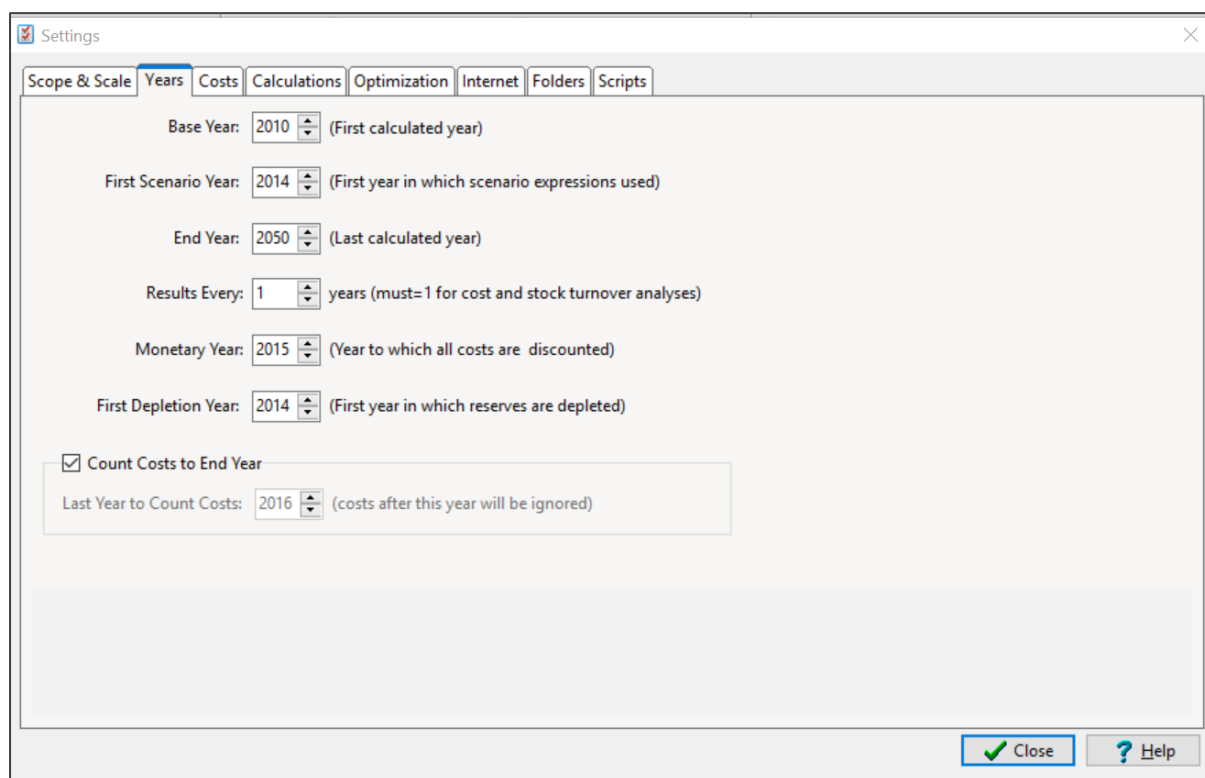


Figura 4: Ajuste de años en el modelo Colombiano

#### 3.2. Lista de combustibles

Al hacer clic en Combustibles, En Combustibles usados en área (mostrado dentro del rectángulo de color rojo en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), proporciona una lista de formas de energía actualizadas para este modelo, descripción / especificación / características de los combustibles, son dadas principalmente por la UPME, sin embargo, hay otras fuentes también (Figura 5). Para cada combustible, en la sección Notas (dentro del rectángulo de color verde, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), se proporcionan fuentes de información. Es posible añadir nuevos combustibles.

Ord...	Name	State	Type	Resource by Land Type?	Fuel Grouping: Default	Net Energy Content		Low/High Heating Value Ratio
						Value Units	Per	
	Bagasse	Solid	Biomass	<input type="checkbox"/>	Biomass	22.001 Gigajoule	Metric Tonne	0.856
	Coal	Solid	Fossil Resource	<input type="checkbox"/>	Solid Fuels	28.760 Gigajoule	Metric Tonne	0.950
	Natural Gas	Gas	Fossil Resource	<input type="checkbox"/>	Natural Gas	35.650 Megajoule	Cubic Meter	0.902
	Non Energy	Energy	Non Energy	<input type="checkbox"/>	Non Energy	1.000 Gigajoule	Gigajoule	1.000
	Hydro	Energy	Renewable Resource	<input type="checkbox"/>	Hydropower	1.000 Gigajoule	Gigajoule	1.000
	Wood	Solid	Biomass	<input type="checkbox"/>	Biomass	16.993 Gigajoule	Metric Tonne	0.931
	Crude Oil	Liquid	Fossil Resource	<input type="checkbox"/>	Crude Oil	40.671 Gigajoule	Metric Tonne	0.945
	Waste and recovery	Solid	Biomass	<input type="checkbox"/>	Renewables	17.802 Gigajoule	Metric Tonne	0.910
	Biomass	Solid	Biomass	<input type="checkbox"/>	Biomass	15.500 Gigajoule	Metric Tonne	0.900
	Solar	Energy	Renewable Resource	<input type="checkbox"/>	Renewables	1.000 Gigajoule	Gigajoule	1.000
	Solar PV	Energy	Renewable Resource	<input type="checkbox"/>	Renewables	1.000 Gigajoule	Gigajoule	1.000
	Wind	Energy	Renewable Resource	<input type="checkbox"/>	Renewables	1.000 Gigajoule	Gigajoule	1.000
	Bioethanol	Liquid	Secondary Fuel	<input type="checkbox"/>	Alcohol	22.480 Gigajoule	Metric Tonne	0.888
	Refinery Gas	Gas	Secondary Fuel	<input type="checkbox"/>	Other fuels	34.200 Megajoule	Cubic Meter	0.900
	Gasoline	Liquid	Secondary Fuel	<input type="checkbox"/>	Oil Products	45.330 Gigajoule	Metric Tonne	0.938
	Gasoline Ex	Liquid	Secondary Fuel	<input type="checkbox"/>	Oil Products	43.044 Gigajoule	Metric Tonne	0.938
	Biodiesel	Liquid	Secondary Fuel	<input type="checkbox"/>	Oil Products	37.908 Gigajoule	Metric Tonne	0.956

**Notes:**  
**Bagasse -**  
 The characterization of the fuel was taken from the Colombian Fuels Calculator developed by UPME.  
  
 The cellulosic residue left after sugar is extracted from sugar cane. It is often used as a fuel within the sugar milling industry. (Adapted from U.N., 1996, IEA, 1999 and

**References:**  
 Author (Year)  
 UPME; INCOMBUSTION (2016)

URL: [http://www.upme.gov.co/Calculadora\\_emisiones/aplic...](http://www.upme.gov.co/Calculadora_emisiones/aplic...)

Figura 5: Lista de combustibles en el modelo LEAP-Colombia

### 3.3. Escenarios en el modelo

Al hacer clic en escenarios ( **Scenarios** ) se pueden ver diferentes escenarios tal como se definen en el modelo (Figura 6). Inicialmente se desarrollaron varios escenarios de referencia, sin embargo, finalmente, se seleccionó R2: La referencia 2(A) se considera como el escenario de referencia, utilizado para el estudio. Los escenarios R2 (por ejemplo, DISTER, QCH<sub>4</sub>, etc) son los escenarios de mitigación, contruidos, cada uno de ellos representando una medida de mitigación particular, que describiremos en la sección escenarios de mitigación. Nuestra descripción y explicación del modelo se basará en R2: Referencia 2(A).

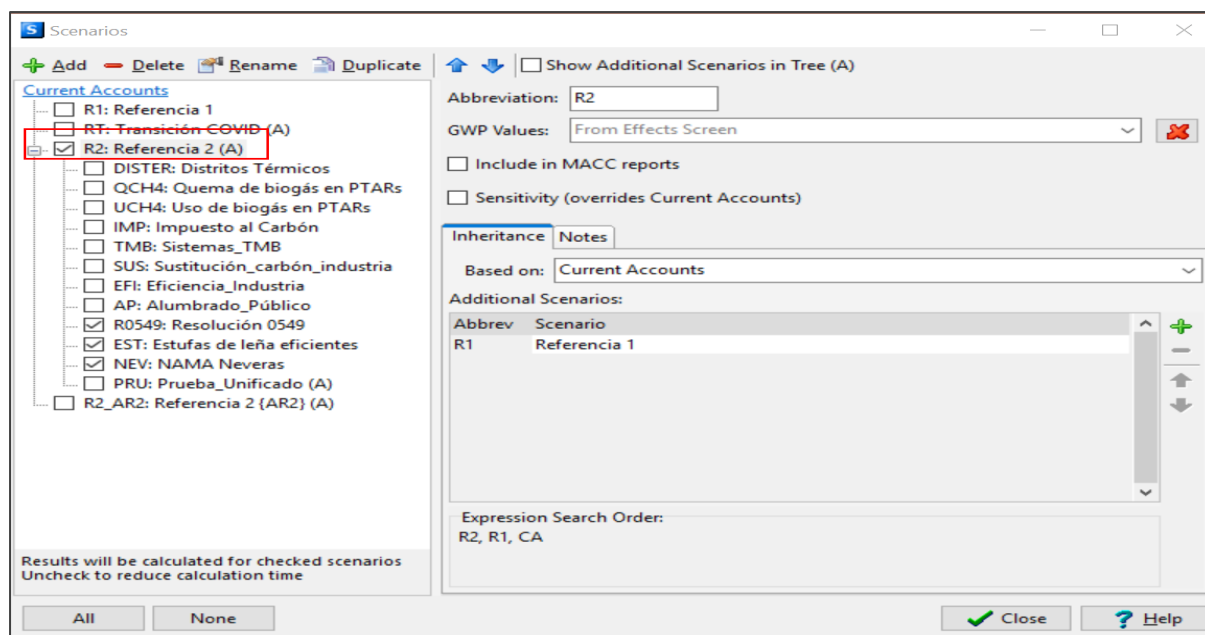


Figura 6: Escenario de referencia

## 4. Descripción del modelo

Al abrir el modelo LEAP Colombia NDC 2020, en la pantalla de Vista de **análisis**, en el lado izquierdo del modelo, aparecen estos elementos (Figura 7). En las siguientes secciones y capítulos, explicaremos esos elementos dentro del rectángulo de color rojo, en el mismo orden que se muestra en la Figura.

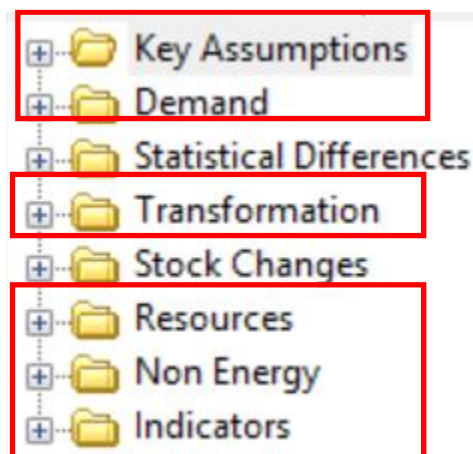


Figura 7: Componentes principales del modelo

### 4.1. Establecer supuestos clave

Las ramas de los supuestos claves son donde se crean variables/parámetros propios e independientes, como variables macroeconómicas o demográficas. Además, también se pueden definir otros parámetros utilizados para el cálculo en diferentes sectores (Figura 8).

Dos factores macroeconómicos clave en este modelo son la demografía y la economía. Hay muchos parámetros en estas dos categorías que forman los “drivers” clave del análisis de escenarios. Además, hay otros supuestos clave para el sector de residuos (factor de emisiones, etc.), dentro del rectángulo rojo de la Figura 8. Estos supuestos clave se explicarán uno por uno en las siguientes secciones:

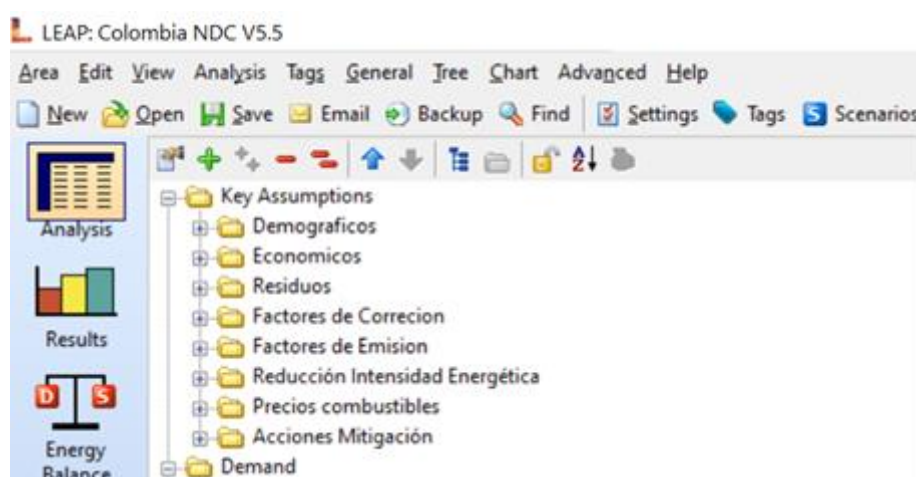


Figura 8: Desarrollo de supuestos clave

### 4.1.1. Demografía

Los controladores o “drivers” relacionados con la demografía (Figura 9, lado izquierdo) son los siguientes:

- Población
- Tasa de crecimiento de la población
- Porcentaje de población urbana
- Porcentaje de población rural
- Número de hogares urbanos
- Número de hogares rurales
- Número total de hogares

Vamos a describir cada uno de estos componentes.

En Cuentas actuales (*Current Accounts*) (lado derecho de la Figura 9) están los valores correspondientes a todas estas variables como población, tasa de crecimiento de la población, participación de la población urbana, etc., los cuales son estadísticas de los años 2010-2013, obtenidas de (DANE, 2020b, junio), como se muestra en la sección inferior de la Figura 9 en Notas.

The screenshot displays the 'Key Assumptions' software interface. On the left, a tree view under 'Key Assumptions' highlights the 'Demograficos' branch, which includes sub-items like 'Poblacion', 'Crecimiento\_Poblacion', 'PP AreasUrbanas', 'PP AreasRurales', 'Tamaño Hogar Urbano', 'Tamaño Hogar Rural', 'Hogares', 'Hogares Urbanos', and 'Hogares Rurales'. The main panel shows a table of key assumptions for the 'Current Accounts' scenario. The table lists various demographic variables with their corresponding data expressions, scales, and units. Below the table, there is a 'Notes' section with a text box containing information about population projections from DANE, 2020b, June, and a URL to the data source.

Branch	Expression	Scale	Units
Poblacion	Data(2010;44.35;2011;44.796;2012;45.218;2013;45.623)	Million	Personas
Crecimiento_Pobla...	Data(2011;1.18;2012;1.17;2013;1.16)	Percent	%/Yr
PP AreasUrbanas	Data(2010;75.52;2011;75.47;2012;75.42;2013;75.39)	Percent	%
PP AreasRurales	100 - PP AreasUrbanas	Percent	%
Tamaño Hogar Urb...	Data(2010;3.527;2011;3.469;2012;3.411;2013;3.355;2014;3.301;2015;3.251;2016;3.208;2017;3.173;2018;3.158)	People/HH	People/HH
Tamaño Hogar Rural	Data(2010;4.027;2011;4.041;2012;4.05;2013;4.055;2014;4.057;2015;4.056;2016;4.052;2017;4.044;2018;4.079)	People/HH	People/HH
Hogares	Hogares Urbanos[Million Hogares]+ Hogares Rurales[Million Hogares]	Million	HH
Hogares Urbanos	(Poblacion[Million Personas]*PP AreasUrbanas/100)~/Tamaño Hogar Urbano[People/HH]	Million	Hogares
Hogares Rurales	(Poblacion[Million Personas]*PP AreasRurales/100)~/Tamaño Hogar Rural[People/HH]	Million	Hogares

Notes on Branch: Key\Demograficos

DANE, 2020b, June Population projections and back-projections. Retrieved August 25, 2020, from Projections and retroprojections of population 1950-2070 website: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

Figura 9: Suposiciones clave-Demografía (Cuentas actuales)



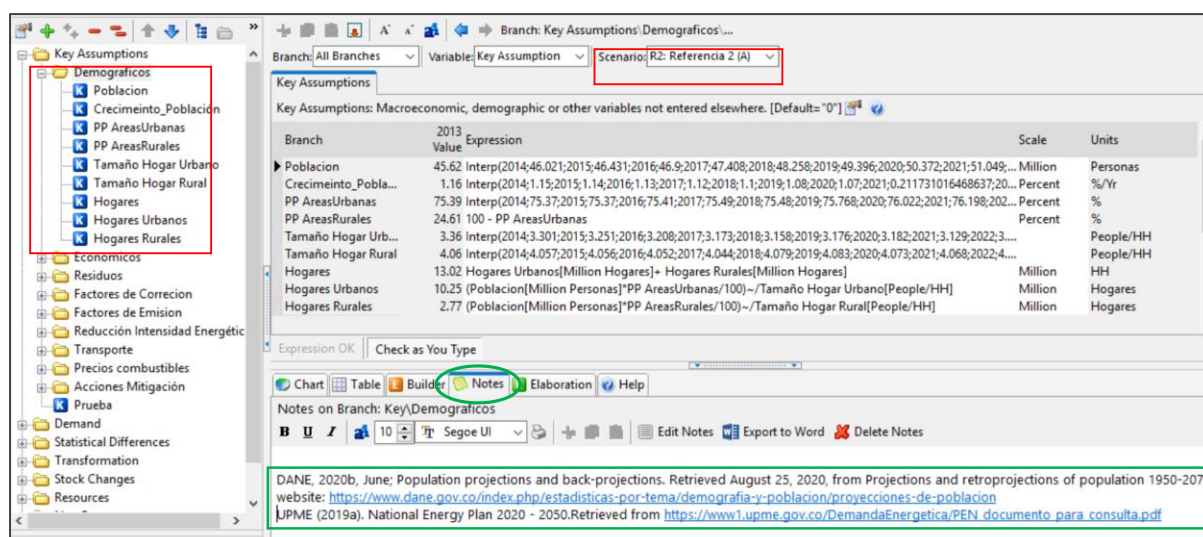


Figura 10: Suposiciones clave - Demografía (escenario de referencia)

El primer año del escenario a calcular es 2014. En escenario de referencia R2, que se muestra en la Figura 10, se realizará el cálculo para el período 2014-2050 para cada uno de estos controladores. Los datos de proyección anual para la tasa de crecimiento de la población y la población durante este período se obtienen de DANE (DANE 2020b) y se replican como expresión de escenario a través de la interpolación. Estos datos de proyecciones se pueden actualizar fácilmente.

Proyecciones sobre acciones (%) de la población urbana se obtienen del estudio UPME (UPME, 2019a) y se replican como Expresión de Escenario a través de la interpolación. La proporción de la población rural es de 100 - participación de la población urbana. La participación urbana se puede actualizar si es necesario.

Los supuestos sobre el número de personas por hogar urbano y rural se obtienen del estudio UPME (UPME, 2019a), se replican a través de la interpolación y se pueden actualizar fácilmente.

El número de hogares urbanos (Hogares Urbanos) y el número de hogares rurales (Hogares Rurales) y el número total de hogares (Hogares) se calculan mediante el modelo con la fórmula que se puede ver en la Figura 10

#### 4.1.2. Económicos

Tiene la siguiente estructura (Figura 11):

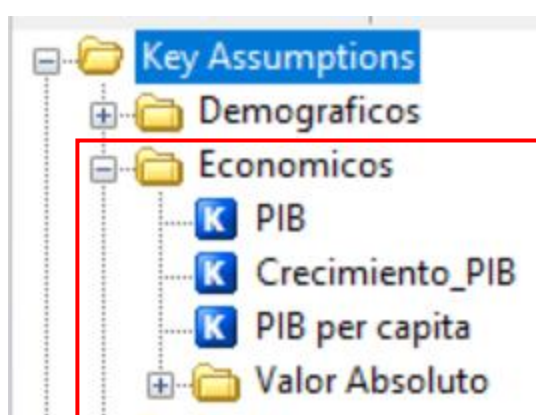


Figura 11: Estructura de "Economicos"



“Económicos” tiene tres elementos, PIB, Crecimiento y PIB per cápita. Como se indicó anteriormente, la Cuenta actual tiene datos históricos para el año 2010-13, obtenidos de la Fuente 1 como se muestra en las Notas (Figura 12). PIB per cápita se estima por el modelo teniendo en cuenta la expresión que se encuentra en el contenido de la pestaña “Key Assumptions”.

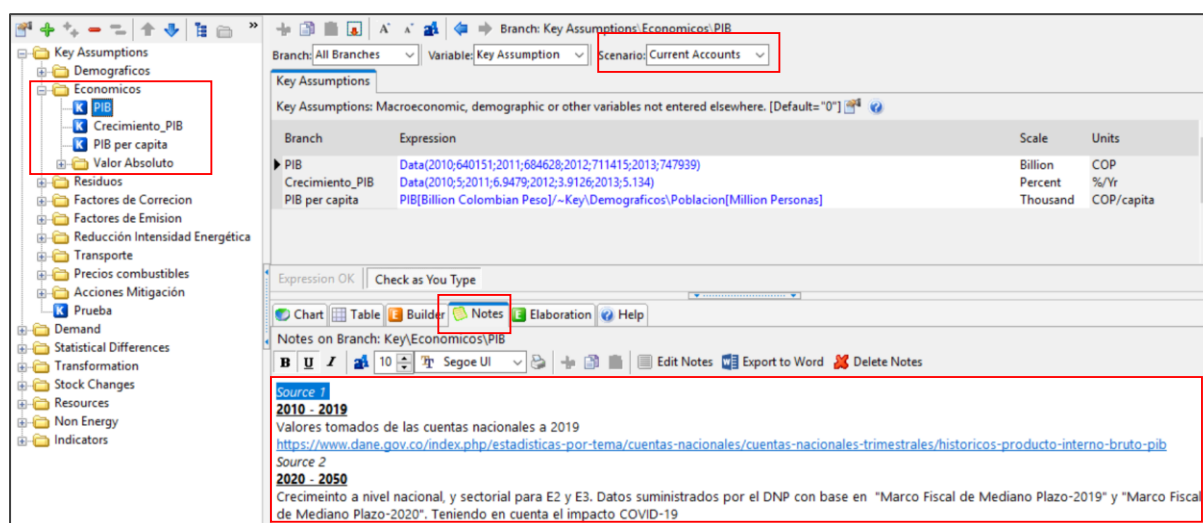


Figura 12: Suposiciones clave en “Económicos” (cuenta actual)

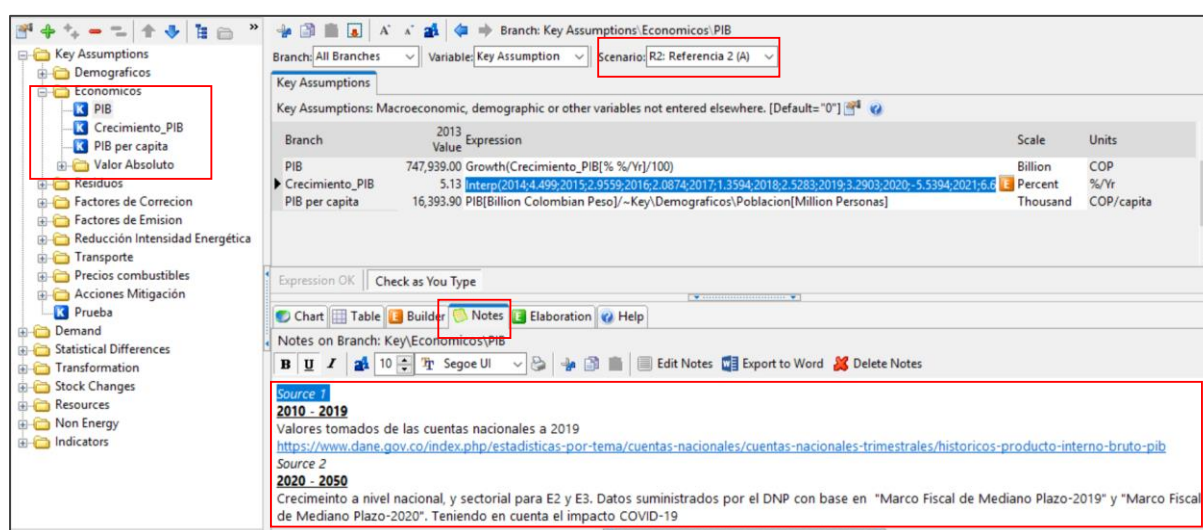


Figura 13: Supuestos clave sobre Económicos (R2: Escenario de referencia)

En Datos del escenario (Figura 13), las tasas de crecimiento del PIB se suponen como anuales para el período 2014-2030, y luego las tasas medias de crecimiento anual para el período de 5 años 2031-35, 2036-40, 2042-45, 2046-50. Los datos de la tasa de crecimiento hasta 2030 proceden de la Fuente 2 (como se muestra en la Sección de Notas) y se supone que la misma tasa de crecimiento de 2030 continuará hasta 2050. Estos supuestos se pueden actualizar. El PIB durante el período 2015-2050 se calcula por el modelo utilizando la tasa de crecimiento como insumo. El PIB per cápita también proyectado por el modelo utilizando la expresión que incluye el PIB y la población definidos/calculados en la sección demografía.

## Valor Absoluto

Teniendo en cuenta que “Current Account” contiene datos históricos, explicaremos solo la expresión Escenario. Supuestos clave para “Económicos” tiene otro componente Valor Absoluto que calcula el PIB sectorial para el horizonte modelo. Para analizar la demanda energética y las emisiones de GEI, el PIB colombiano se divide en 6 sectores económicos alineados con la definición del IPCC y el BUR 2 (en rectángulo verde, Figura 14 Los sectores económicos considerados en el modelo son 1) Agricultura (CIU A), 2) Minas y canteras (CIU B), 3) Industrias Manufactureras (CIU C), 4) Servicios Públicos (CIU D y E), 4) Construcción (CIU F), 5) Comercio y Turismo (CIU de G y T), 6) Impuestos (DANE D21 y D31). La participación de estos sectores en el PIB se incrusta al modelo a través de una variable de usuario “Share\_PIB” (Figura 14).

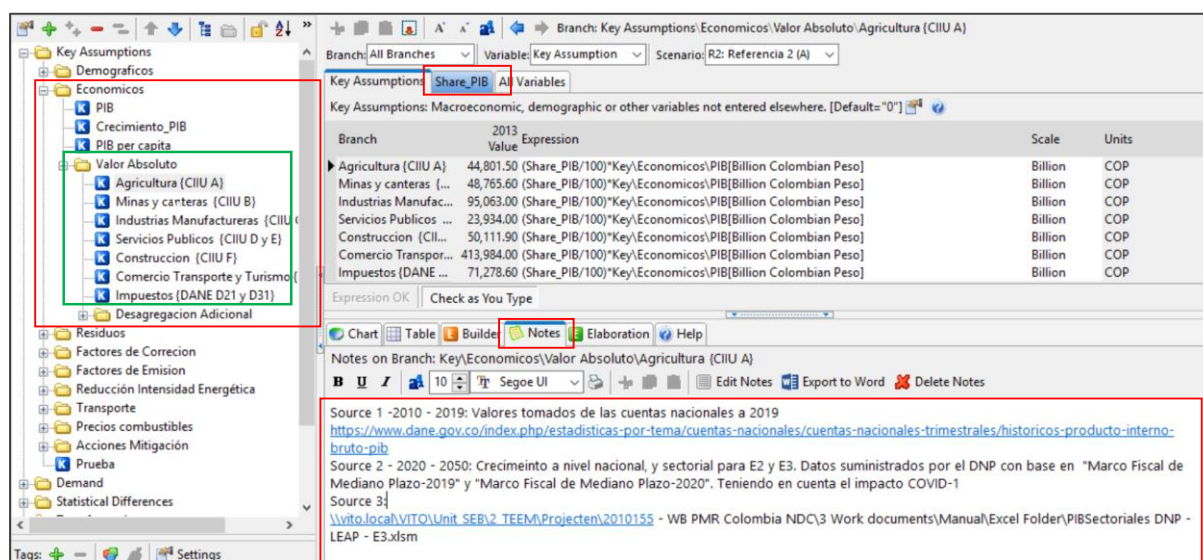



Figura 14: GDP sectorial

Si bien los datos históricos sobre la participación sectorial para el período 2010-2019 se obtienen de la Fuente 1, las proyecciones sobre las acciones sectoriales durante 2020-2030 se calculan en Excel utilizando las tasas de crecimiento sectorial compartidas por DNP (Fuente 2), y para más allá de 2030, se asumen las mismas tasas de crecimiento sectorial que 2030, y se calculan las cuotas sectoriales en consecuencia. El cálculo de Excel se puede ver en este vínculo en la fuente 3. La participación sectorial se puede cambiar/actualizar cambiando/actualizando las tasas de crecimiento sectorial. El PIB sectorial se calcula mediante el modelo, utilizando la expresión que incluye el PIB calculado por el modelo (explicado anteriormente) y las acciones sectoriales.

## Desagregación adicional

Aparte de los sectores antes mencionados, valor Absoluto también tiene un componente que incluye la desagregación sectorial  **Desagregacion Adicional** adicional del PIB utilizada en el modelado de la demanda energética y las emisiones de GEI de la industria y los sectores terciarios (Figura 15). Para captar las características de uso de la tecnología y los combustibles con mayor precisión, el sector industrial se ha desglosado en 11 subsectores, estos son 1) Hierro y acero, 2) Productos químicos, 3) Pulpa papel e imprenta, 4) Alimentos bebidas y tabaco, 5) Minerales No metálicos, 6) Equipos de transporte, 7) Maquinaria, 8) Madera y productos de la madera, 9) Textiles y cueros, 10) Industria No especificada, 11) Coquización y refinería. El principal motor de la demanda de energía y las emisiones de GEI en estos subsectores es el valor añadido/PIB. Por lo tanto, el valor

añadido de estos subsectores se calcula en este componente. Para ello, la definición de cada uno de estos subsectores está alineada con la clasificación del IPCC y el BUR 2.

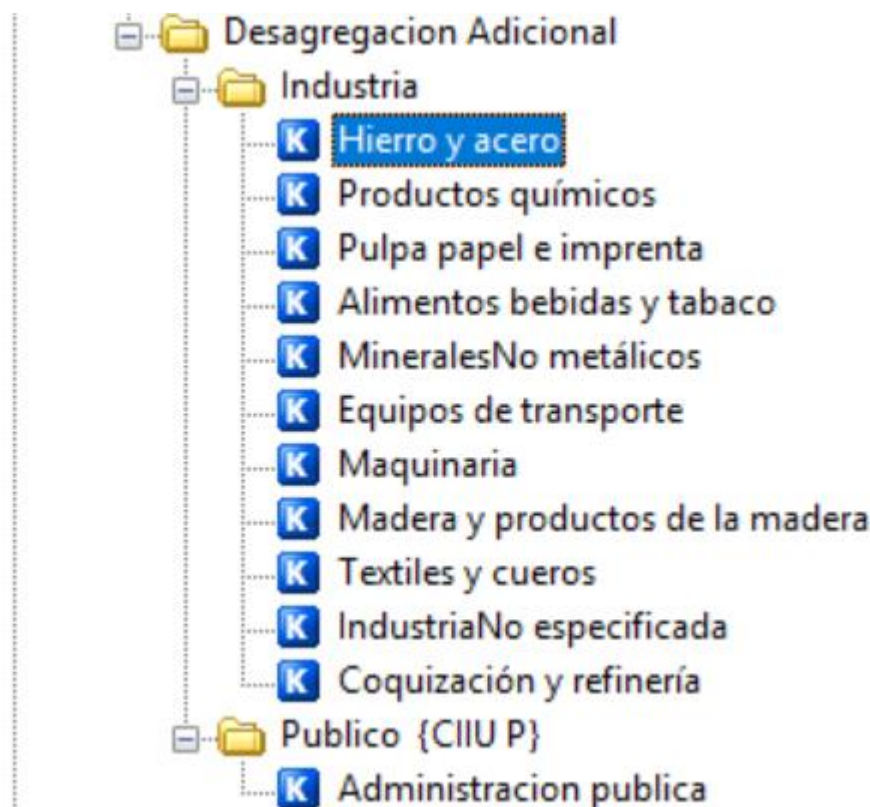


Figura 15: Desagregación subsectorial

Los datos de valor añadido históricos (2010-2019) y la participación de estos sectores se obtienen de DANE y la fuente se muestra en Notas (rectángulo rojo, Figura 16). La variable de usuario "Share\_PIB" (que se muestra dentro del rectángulo rojo) presenta la parte de estos sectores para el período 2010-2019.

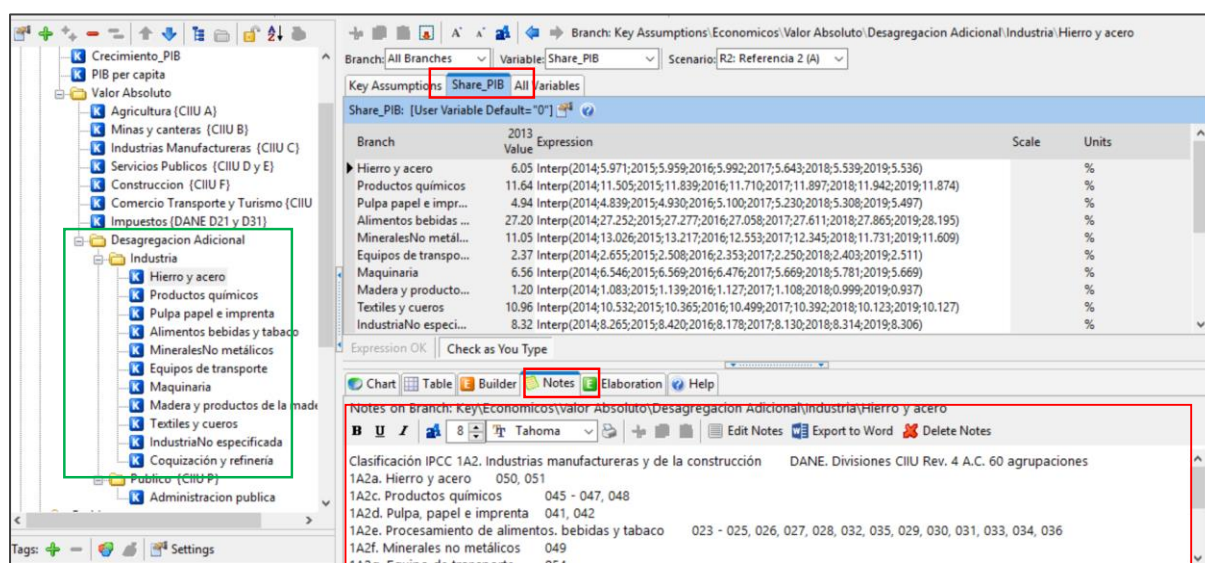


Figura 16: Valor añadido subsectorial (subsectores industriales)



El valor añadido del subsector durante el período 2014-2050 se calcula multiplicando el PIB sectorial del sector industrial con la participación de ese subsector en el PIB del sector industrial (véase la fórmula/expressión en el marco de Construcción en rectángulo rojo de la Figura 17). Para el cálculo de 2020-2050, se utiliza la parte del año 2019 y se puede cambiar si se dispone de mejor información.

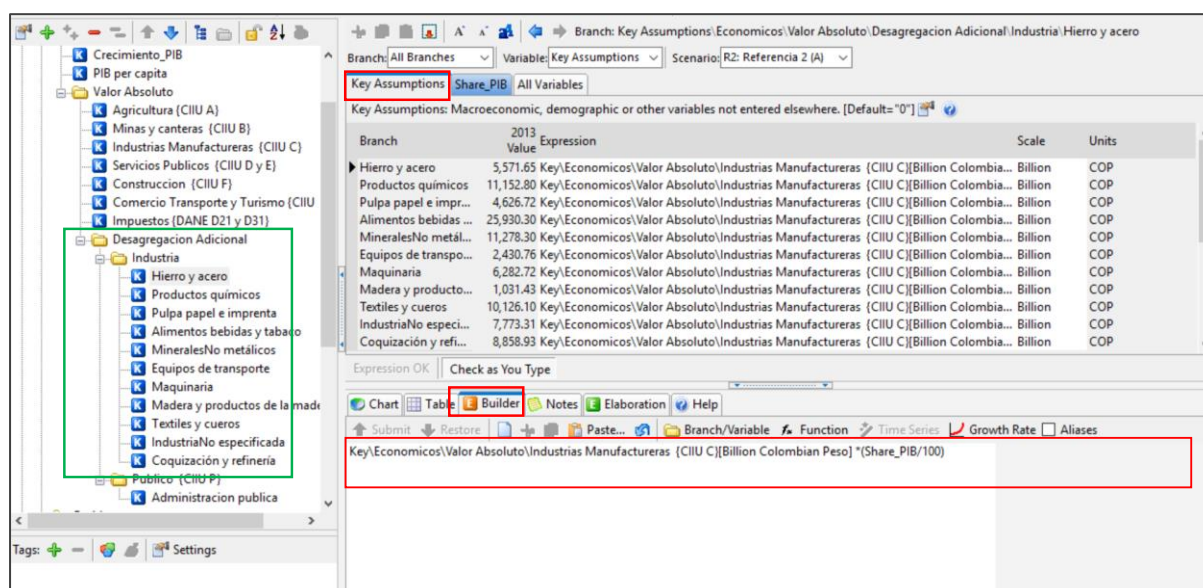


Figura 17: Cálculo del valor añadido subsectorial

La demanda de energía en el sector terciario se divide en dos componentes, Comercial y Público y principal motor es el PIB de estos dos subsectores. Dentro de "Desagregacion Adicional 'Adicional'", se define un componente "Publico", que calcula el PIB del sector público que se utilizará para la demanda de energía y las emisiones de GEI de este subsector(Figura 18).

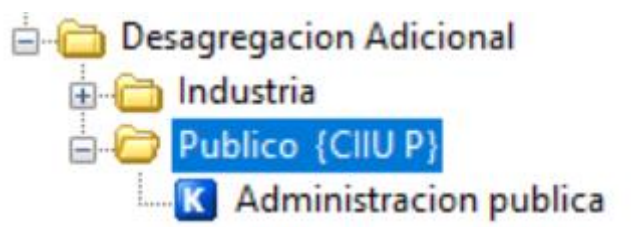


Figura 18: Valor añadido desagregado para el sector Público

En el caso del PIB subsectorial "Publico", se sigue el mismo procedimiento que el subsector industrial explicó en la sección anterior.

#### 4.1.3. Residuos

Los parámetros de residuos incluidos dentro de esta categoría son usados para caracterizar y definir parámetros de cálculo usados en la rama Non Energy/Desechos{4}. Estos parámetros incluyen la producción de desechos per cápita, composición de residuos, factores de emisión, entre otros, tal y como se muestra en la siguiente figura:

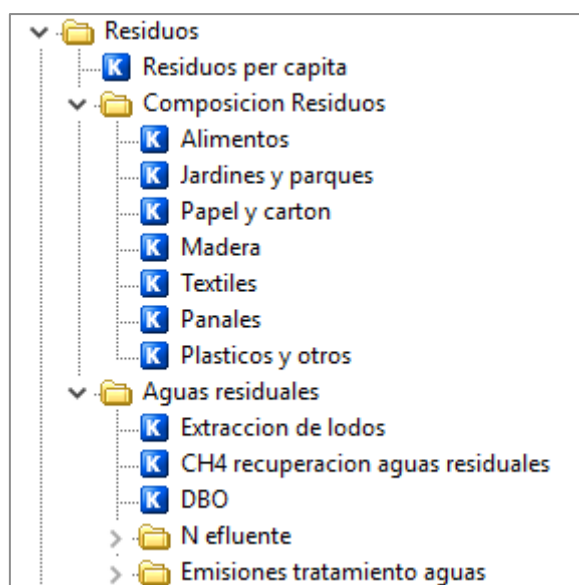


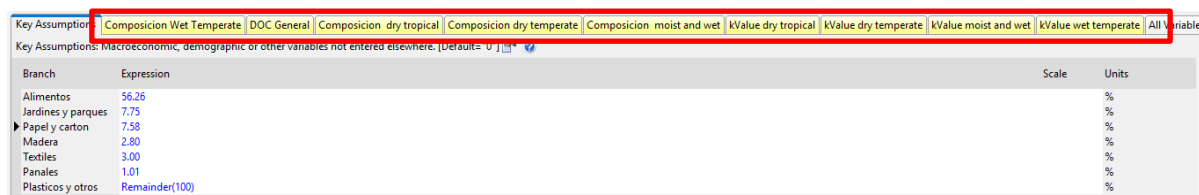
Figura 19: Variables y supuestos para el cálculo del sector de desechos.

Los parámetros obedecen en su mayoría a factores por defecto de las guías IPCC-Nivel 1 y a valores promedio a nivel nacional definidos por el IDEAM. La Tabla 1 presenta un resumen de las variables para el sector residuos las cuales son en su totalidad modificables. Dicha actualización obedecería a cambios en las guías IPCC o caracterizaciones nacionales.

Tabla 1. Estructura, unidades y fuente de las variables y supuestos para los cálculos del sector de residuos

Parametro			Unidades	Fuente
Residuos per cápita			ton/cap/año	IPCC
Composición Residuos		Alimentos	%	IDEAM
		Jardines y parques	%	IDEAM
		Papel y cartón	%	IDEAM
		Madera	%	IDEAM
		Textiles	%	IDEAM
		Panales	%	IDEAM
		Plásticos y otros	%	IDEAM
Aguas residuales		Extracción de lodos	Gg BOD/yr	IPCC
		CH4 recuperación aguas residuales	kg CH4/yr	No Usado
		DBO	kg DBO/cap/yr	IPCC
	N efluente	Consumo proteínas	kg/person/yr	IPCC
		Fracción nitrógeno en proteína	kg N/kg protein	IPCC
		Fracción de proteína no consumida	Fracción	IPCC
		Fracción para industria y comercio	Fracción	IPCC
	Emisiones tratamiento aguas	Tanque séptico	kg CH4/kg DBO	IPCC
		Letrinas	kg CH4/kg DBO	IPCC
		Tratamiento aeróbico	kg CH4/kg DBO	IPCC
		Digestor anaeróbico lodos	kg CH4/kg DBO	IPCC
		laguna poco profunda	kg CH4/kg DBO	IPCC
		laguna profunda	kg CH4/kg DBO	IPCC
		Reactor anaeróbico	kg CH4/kg DBO	IPCC
		descarga mar_río_lago	kg CH4/kg DBO	IPCC
		Letrina_Rio_Mar_Lago_Sistema Septico	kg CH4/kg DBO	IPCC

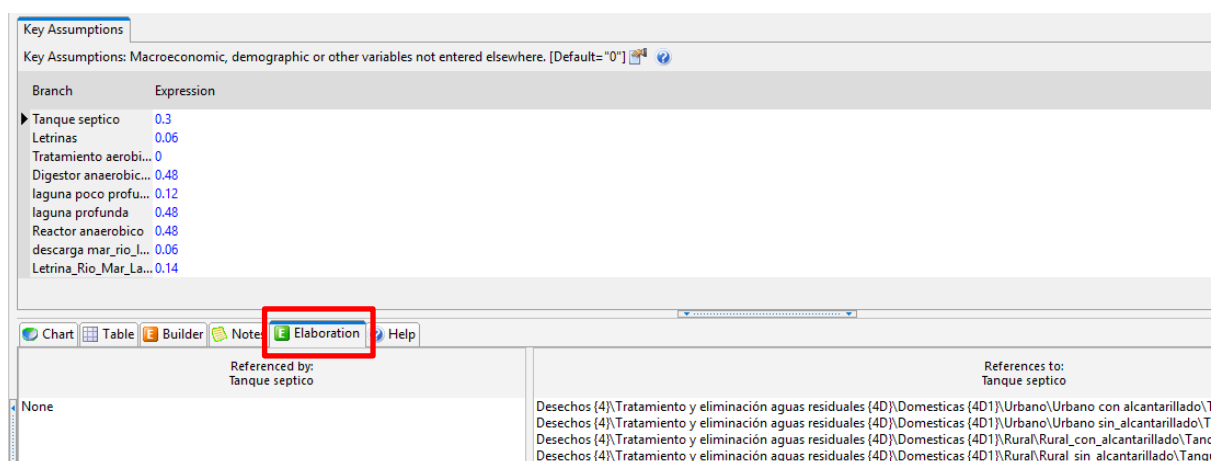
En el caso de la categoría Composición de Residuos, existen varias variables que dependen del tipo de residuo (i.e.: comida, papel) y a su vez de la zona climática. Por esta razón dentro de esta rama hay varios parámetros en paralelo asociados a las variables de composición de los desechos, como muestra la siguiente figura:



Branch	Expression	Scale	Units
Alimentos	56.26		%
Jardines y parques	7.75		%
Papel y carton	7.58		%
Madera	2.80		%
Textiles	3.00		%
Panales	1.01		%
Plásticos y otros	Remainder(100)		%

Figura 20: Parámetros que dependen del componente de los desechos y la zona climática.

Todos los valores incluidos en esta sección de *Key Assumptions* se usan en esta categoría correspondiente en el sector Desechos (Non Energy/Desechos{4}). Para conocer que expresiones hacen referencia a estos parámetros se puede usar la funcionalidad Elaboración, como muestra la siguiente figura:



Branch	Expression
Tanque septico	0.3
Letrinas	0.06
Tratamiento aerobi...	0
Digestor anaerobic...	0.48
laguna poco profu...	0.12
laguna profunda	0.48
Reactor anaerobico	0.48
descarga mar_rio_...	0.06
Letrina_Rio_Mar_La...	0.14

Referenced by:	References to:
Tanque septico	Desechos {4}\Tratamiento y eliminación aguas residuales {4D}\Domesticas {4D1}\Urbano\Urbano con alcantarillado\T
	Desechos {4}\Tratamiento y eliminación aguas residuales {4D}\Domesticas {4D1}\Urbano\Urbano sin alcantarillado\T
	Desechos {4}\Tratamiento y eliminación aguas residuales {4D}\Domesticas {4D1}\Rural\Rural_con_alcantarillado\Tanc
	Desechos {4}\Tratamiento y eliminación aguas residuales {4D}\Domesticas {4D1}\Rural\Rural_sin_alcantarillado\Tanq

Figura 21: Referencias a parámetros de Emisiones asociados a Tratamiento de Aguas usando la funcionalidad Elaboración.

#### 4.1.4. Factores de corrección

Los factores de corrección se introducen con el propósito de cálculo, para replicar los datos históricos como entrada de datos del modelo (Figura 22). Es aplicable a los sectores Residencial, Terciario y Agrícola. "Activar Correccion" es activar el factor de corrección, por lo tanto, el valor es 1 para activarlo (lado derecho), de lo contrario "0". Bajo el nivel "Activar Correccion", se definen tres sectores (rectángulo de color rojo).

Hagamos clic en "Agricultura", aparecen tres tipos de uso final utilizados en este sector, "Energía Térmica", etc. En el cuadro de la derecha, muestra el valor de "Suposición clave" para "Energía Térmica" es 1, en "Elaboración", muestra dónde se utiliza para el cálculo. Como se indicó anteriormente, se introdujo para replicar datos históricos en la cuenta actual. Sin embargo, de manera posterior se observó que el cálculo se podría hacer sin este factor, por lo que este factor no tiene ninguna aplicación. Lo mismo ocurre con otros usos finales y otros sectores.

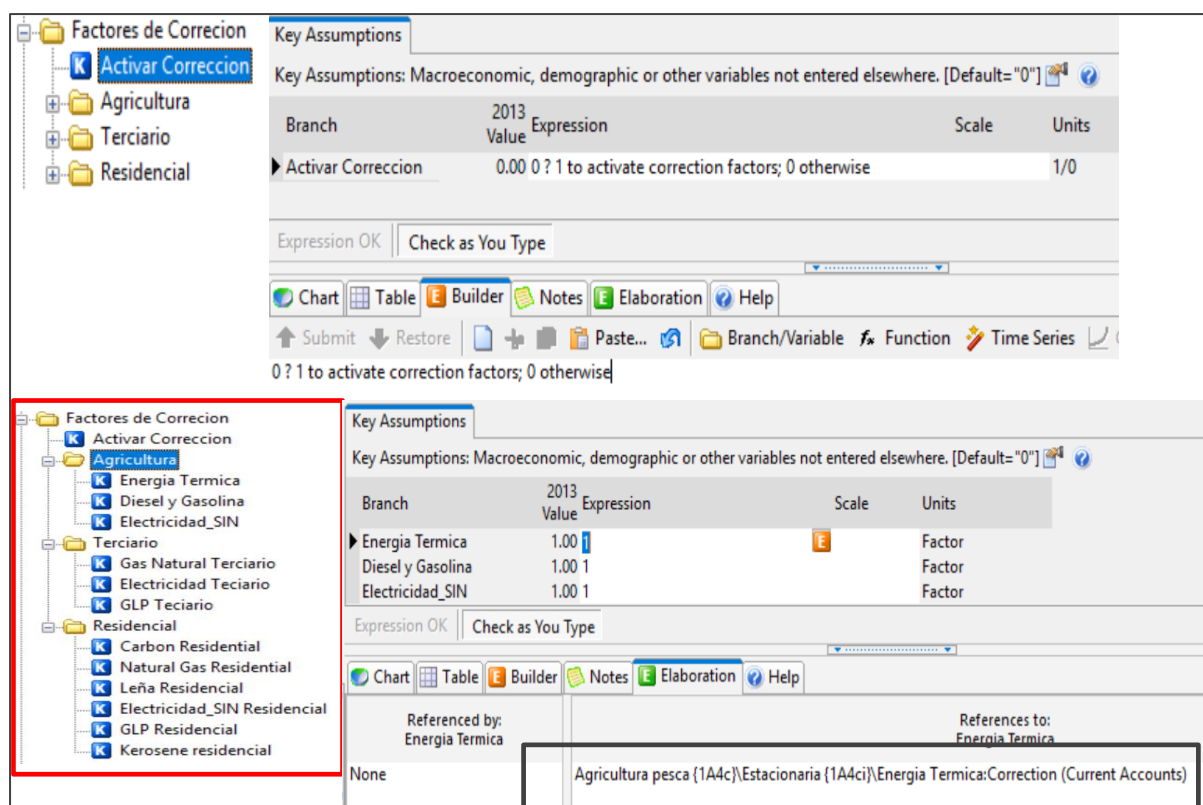


Figura 22: Factores de Correccion

#### 4.1.5. Factores de emisión

El factor de emisión proporciona valores de las emisiones de GEI por combustible y utilizado para los cálculos de emisiones por diferentes sectores (Figura 23). La fuente se muestra en la sección Notas. Los valores se pueden cambiar/actualizar fácilmente.

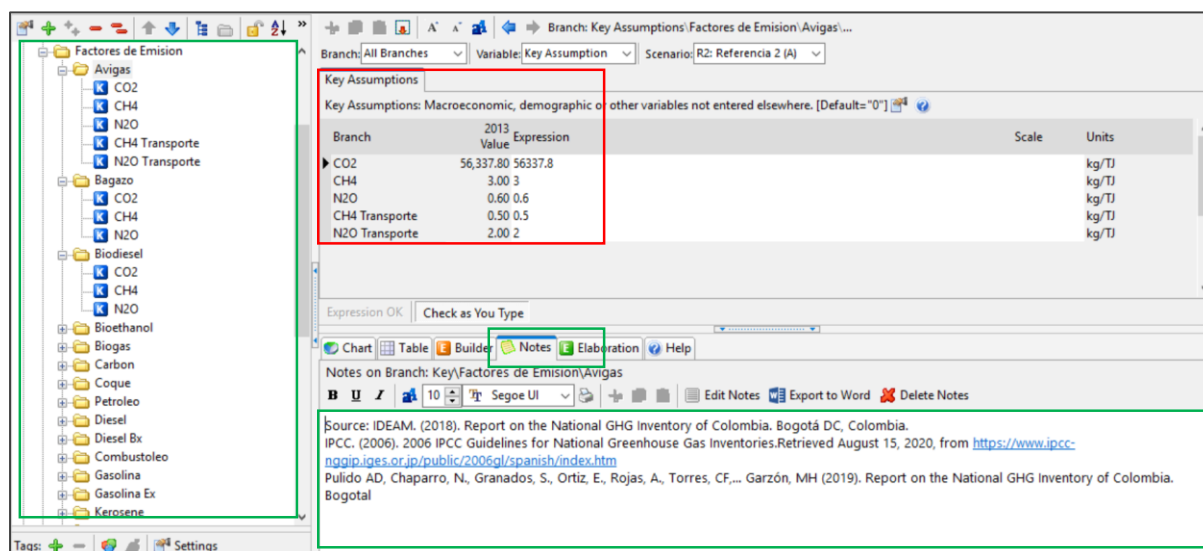


Figura 23: Factores de emisión

Al hacer clic en "Elaboration", se puede ver en dónde se utiliza este factor para el cálculo (Figura 24). Por ejemplo, si hace clic en "Bagazo" y luego en "Elaboration", el factor de emisiones de CO<sub>2</sub> de "Bagazo" se utiliza en el cálculo que se muestra en rectángulos verdes.

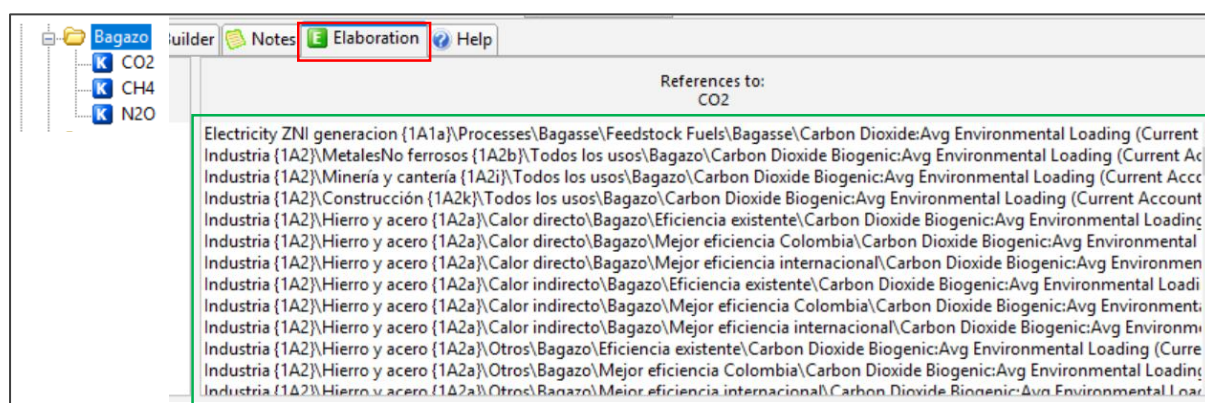


Figura 24: "Elaboration" sobre el uso del factor de emisiones en el cálculo

#### 4.1.6. Reducción de intensidad energética

Esto se introdujo en el modelo de mitigación sobre la intensidad energética en el sector agrícola (Figura 25). En el cuadro de la derecha, en "Elaboration", en la fórmula se puede ver en dónde se aplica el valor. Actualmente, el valor es "0", pero se puede cambiar si se quiere modelar la reducción final de la intensidad energética en el sector agrícola.

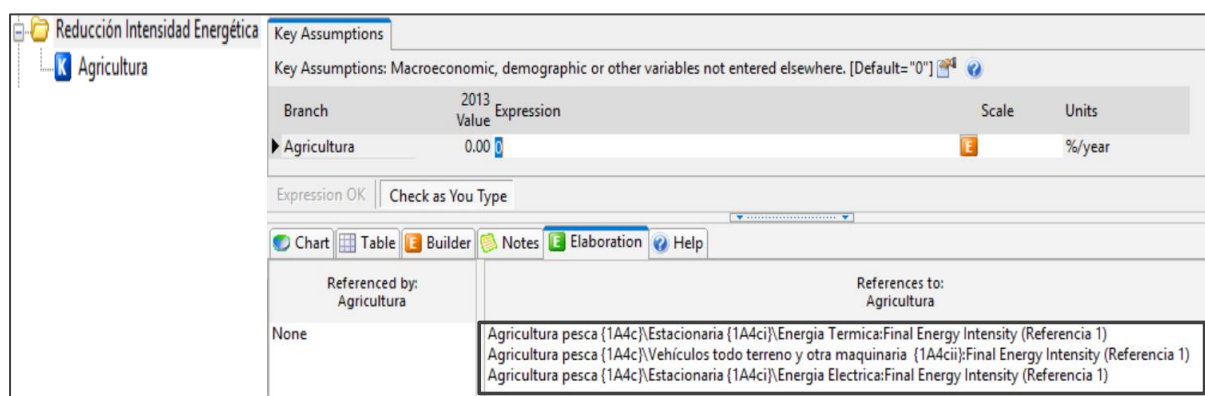


Figura 25: Suposiciones clave sobre "Reducción Intensidad Energética"

#### 4.1.7. Precios de combustibles

Los supuestos clave incluyen los precios de los combustibles. Excepto por leña y electricidad, se introducen datos anuales sobre los precios de todos los combustibles fósiles (véase el rectángulo negro interior como ejemplo, Figura Figura 26), los cuales se pueden actualizar si se dispone de mejores datos.



Precios combustibles		Key Assumptions			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gas Natural</li> <li>Gasolina_Ex</li> <li>Diesel_Bx</li> <li>GLP</li> <li>Carbón</li> <li>Bagazo</li> <li>Keroseno</li> <li>Petróleo</li> <li>Fuel Oil</li> <li>Leña</li> <li>Electricidad TyD y Otros</li> </ul>		Key Assumptions: Macroeconomic, demographic or other variables not entered elsewhere. [Default="0"]			
Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units	
Gas Natural	3.30	Interp(2010; 3.3; 2016; 3.3; 2017; 3.3; 2018; 3.3; 2019; 2.46; 2020; 2.49; 2021; 2.66; 2022; 2.98; 2023; 3.33; 2024; 3.61; 2025; 3.71; 2026; 3.66; 2027; 3.64; 2028; 3.7; 2029; 3.83; 2030; 3.95; 2031; 4.05; 2032; 4.22; 2033; 4.42; 2034; 4.58; 2035; 4.72; 2036; 4.87; 2037; 5.04; 2038; 5.2; 2039; 5.38; 2040; 5.56; 2041; 5.75)		USD\$2015/GJ	
Gasolina_Ex	15.24	Interp(2010; 15.24; 2016; 15.24; 2017; 15.24; 2018; 15.24493966; 2019; 14.55306274; 2020; 14.97...		USD\$2015/GJ	
Diesel_Bx	14.32	Interp(2010; 14.32; 2016; 14.32; 2017; 14.32; 2018; 14.32; 2019; 13.9; 2020; 14.29; 2021; 14.49; 2...		USD\$2015/GJ	
GLP	9.05	Interp(2010; 9.05; 2016; 9.05; 2017; 9.05; 2018; 9.04836999; 2019; 8.674819699; 2020; 9.8698812...		USD\$2015/GJ	
Carbón	3.63	Interp(2010; 3.63; 2016; 3.63; 2017; 3.63; 2018; 3.63; 2019; 3.1; 2020; 3.03; 2021; 3; 2022; 3.03; 2...		USD\$2015/GJ	
Bagazo	0.00	0		USD\$2015/GJ	
Keroseno	11.09	Interp(2010; 11.09; 2016; 11.09; 2017; 11.09; 2018; 11.08703488; 2019; 11.01876346; 2020; 12.57...		USD\$2015/GJ	
Petróleo	8.08	Interp(2010; 8.08; 2016; 8.08; 2017; 8.084233996; 2018; 8.155404922; 2019; 8.673472317; 2020; ...		USD\$2015/GJ	
Fuel Oil	8.08	Interp(2010; 8.08; 2016; 8.08; 2017; 8.084233996; 2018; 8.155404922; 2019; 8.673472317; 2020; ...		USD\$2015/GJ	
Leña	1.20	1.2		USD\$2015/GJ	
Electricidad TyD y ...	21.23	21.23		USD\$2015/GJ	

Figura 26: Modelado de los precios de los combustibles

#### 4.1.8. Acciones de mitigación

“Acciones Mitigation” incluye todas las medidas de mitigación por parte de los ministerios que se modelan para formar los escenarios de mitigación. Los explicaremos en la sección sobre "Escenario de mitigación".

## 5. Demanda

### 5.1. Coquerías y Refinerías {1A1b y 1A1ci}

Este segmento bajo Demanda se ocupa del consumo de energía auxiliar en refinerías y fabricación de coque según lo reportado en BECO 2015(CF Industrial: 19 Coquerías and Refinerías), sin embargo, los procesos de producción de coque y refinerías se modelan bajo el sector de transformación siguiendo las Directrices del IPCC. El nivel de actividad de ambos elementos está relacionado con los insumos que van a estos procesos definidos en el sector de transformación, por ejemplo, el insumo de petróleo crudo en refinerías (Figura 27).

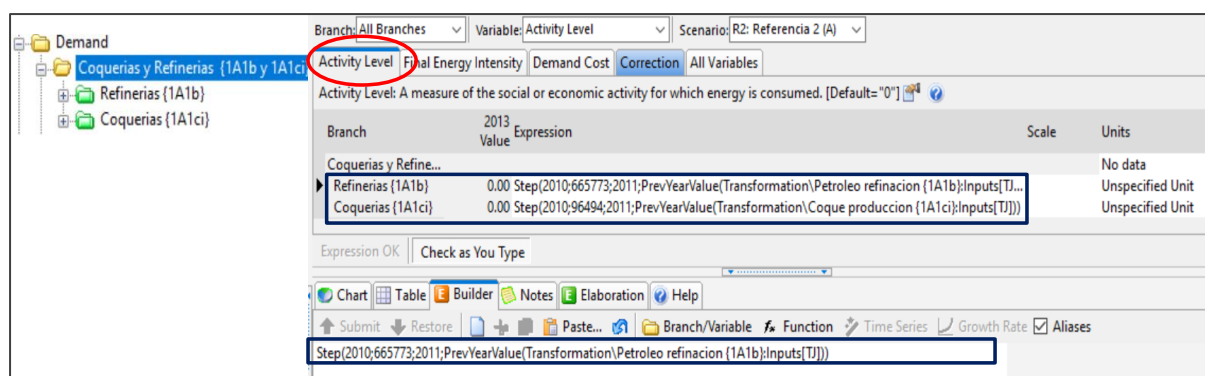


Figura 27: Explicación del uso de la energía de modelado en la refinería

Si hace clic en Refinerías (en el cuadro izquierdo de la Figura 28 todos los combustibles que se utilizan aparecerán en el siguiente nivel. Además, los GEI se definen en el siguiente nivel para los combustibles fósiles como el gas natural. Los botones importantes son "Final Energy Intensity" y "Fuel Share". La intensidad de energía final se calcula utilizando datos históricos del BECO, y la intensidad de energía final para el año 2016 (para el cálculo del valor de intensidad de energía final, consulte la explicación en el informe Escenario de referencia) se utiliza para la proyección futura. Esto se puede cambiar si hay mejores datos disponibles. El segundo botón importante es "Fuel Share" proporciona datos sobre el porcentaje de participación de varios combustibles en el uso total de energía. Para calcular el porcentaje de porcentaje de diferentes combustibles, consulte el informe del escenario de referencia y la sección NOTAS. Los datos de mezcla de combustible de 2015 se utilizan para la proyección futura que se puede actualizar si se dispone de mejores datos.

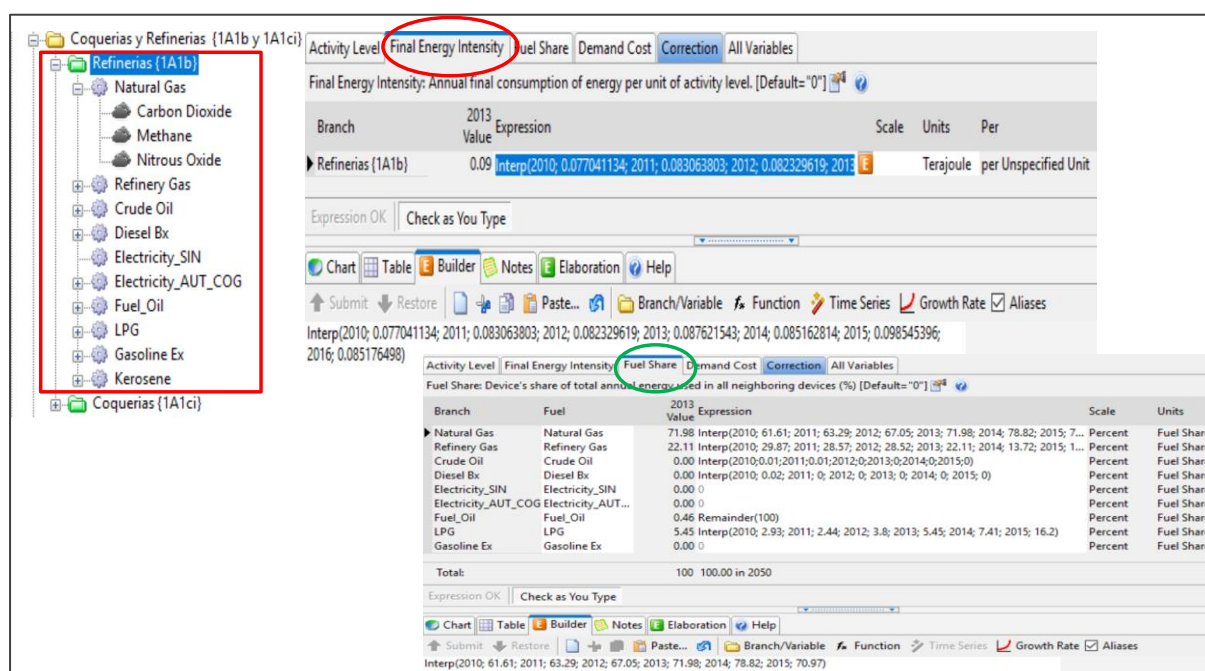


Figura 28: Explicación del uso de energía de modelado en refinería (cont.)

Si hace clic en Gas natural en el cuadro izquierdo del modelo (Figura 28), en el cuadro de la derecha, debajo del botón "Carga ambiental media", se proporcionan datos sobre los factores de emisiones de GEI vinculados con los "Factores de Emisión" descritos en la sección "Suposiciones clave" (esto no se muestra en la Figura 28).

Coquerías tiene la misma explicación que Refinerías y por lo tanto no se repite aquí.

## 5.2. Industria

La estructura de árbol desplegada para la categoría 1A2 de Industria fue desarrollada siguiendo la clasificación del IPCC de Industrias Manufactureras y de la Construcción para cada una de sus subcategorías. Las ramificaciones al interior de cada una de las subcategorías fueron definidas dependiendo de la fuente de información y el paradigma de modelamiento utilizado.

Para todas las subcategorías a excepción de: 1A2b Metales no ferrosos, 1A2i Minería y cantería, y 1A2k Construcción, la demanda de energía se modeló desagregada por subsector, uso y energético siguiendo un paradigma de energía útil. Para las subcategorías 1A2i Minería y cantería y 1A2k Construcción, la demanda de energía fue desagregada únicamente por energético siguiendo un paradigma de energía final. Para la subcategoría 1A2b Metales no ferrosos no se modeló su demanda de energía debido a la falta de información.

Haciendo clic en “Industria {1A2}” en el cuadro izquierdo de la figura de abajo en la pestaña de “Nivel de actividad” aparece la expresión que hace link al PIB industrial de cada subsector alojado en la dirección “Key\Economicos\Valor Absoluto\Desagregacion Adicional\Industria” y el cual es usado como nivel de actividad para calcular la demanda de energía subsectorial.

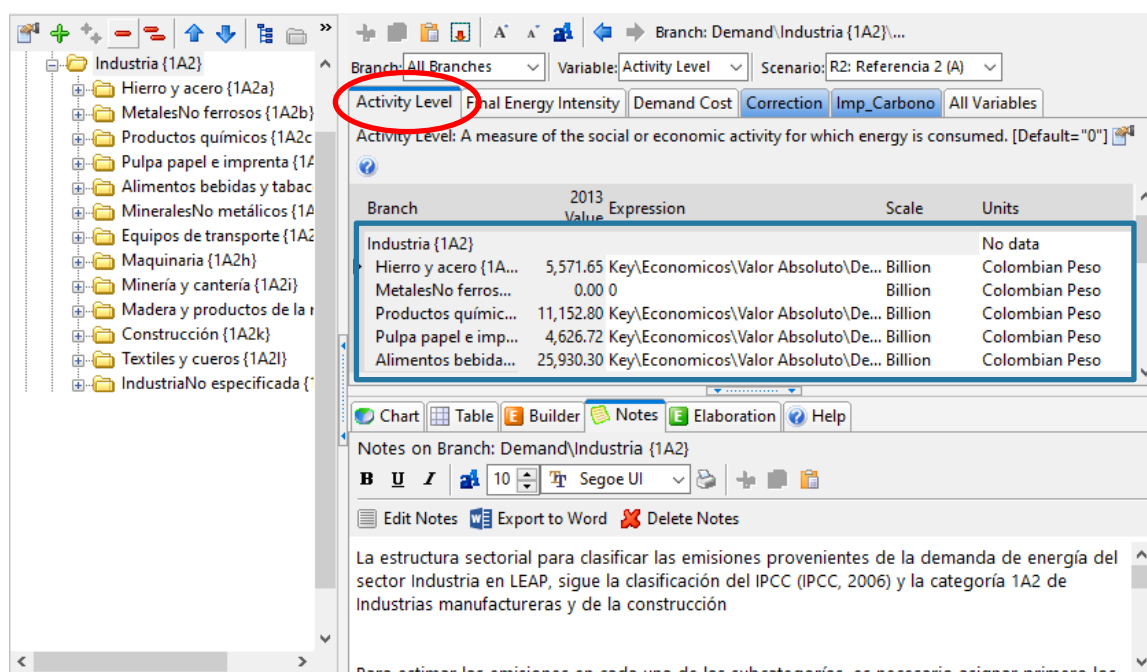


Figura 29: Representación en LEAP de la categoría 1A2 Industria

A continuación se muestran los dos paradigmas de modelamiento utilizados de energía útil y energía final.

### 5.2.1. Energía útil

Este enfoque fue utilizado para todas las subcategorías a excepción de: 1A2b Metales no ferrosos, 1A2i Minería y cantería, y 1A2k Construcción.

Utilizando la subcategoría de 1A2a Hierro y acero como ejemplo, al hacer clic sobre ésta, aparecen las ramificaciones para cada uno de los usos modelados: calor directo, calor indirecto, fuerza motriz, refrigeración, aire acondicionado, iluminación, y otros, tal como se muestra en la figura de abajo. Haciendo clic en la pestaña de “Nivel de actividad” resaltada en rojo está la participación porcentual de la demanda de energía final para cada uno de los usos modelados.

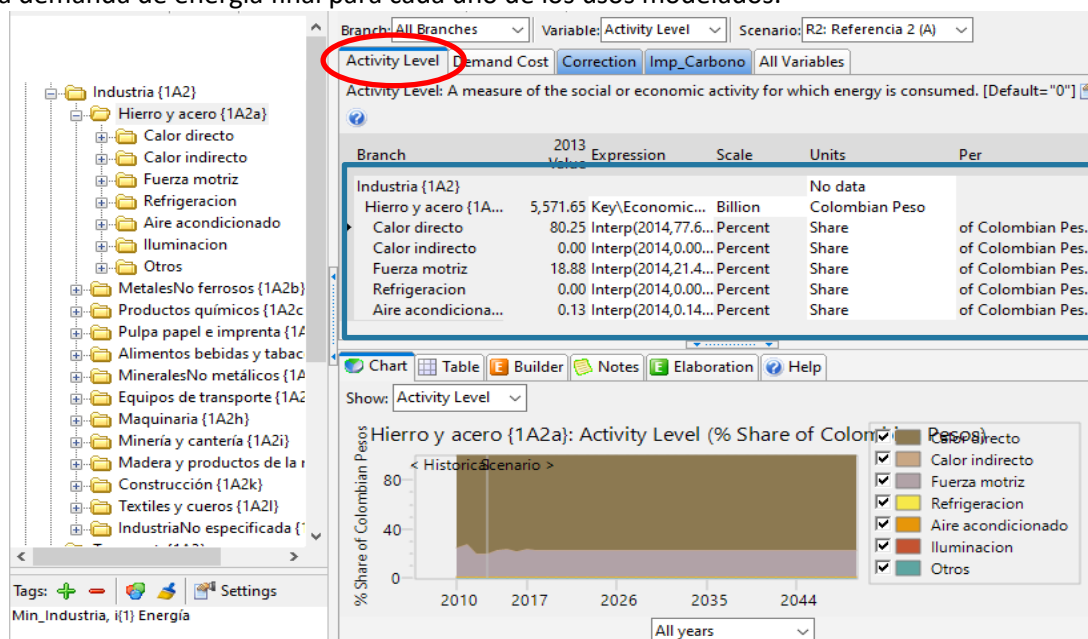


Figura 30: Representación en LEAP de la subcategoría 1A2a Hierro y acero

Haciendo clic en cualquiera de los usos, a continuación se despliega la ramificación con el listado de energéticos tal y como se muestra en la siguiente figura. Para cada uno de los usos, hay dos variables representadas en cada una de las pestañas señaladas en rojo. La primera pestaña del “Nivel de actividad” muestra la participación porcentual de la demanda de energía final para cada uno de los energéticos en su respectivo uso y subsector. La segunda pestaña de la “Intensidad de energía útil” es como su nombre lo indica, la intensidad de energía útil para cada uno de los energéticos en su respectivo uso y subsector.

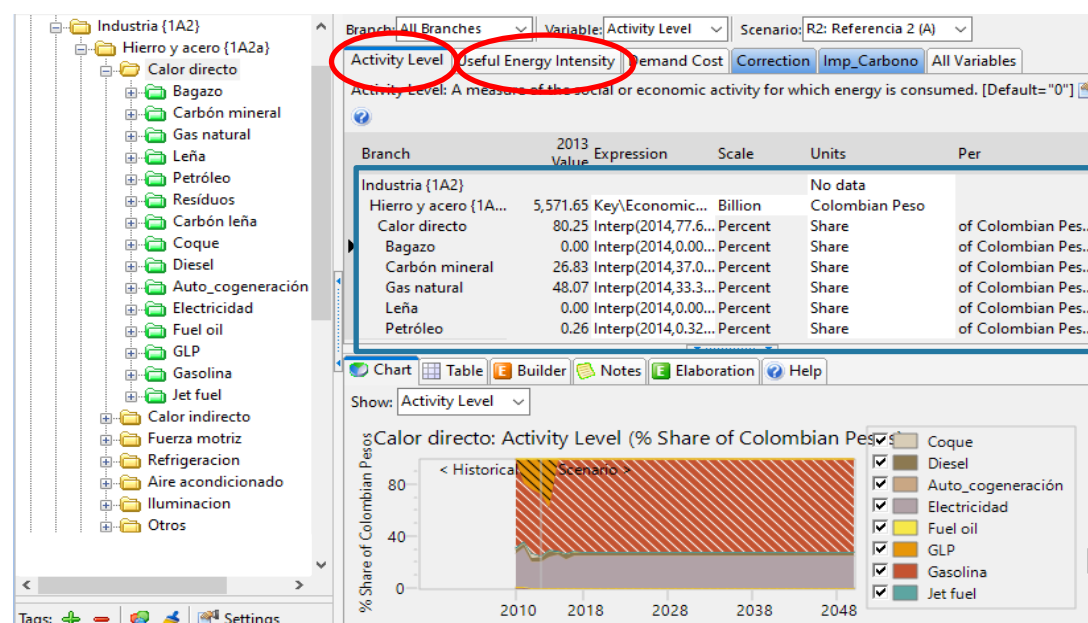


Figura 31: Representación en LEAP del uso de calor directo en la subcategoría 1A2a Hierro y acero

Finalmente, al hacer clic en cualquiera de los energéticos se abrirán tres ramificaciones, cada una con una tecnología específica y su respectiva eficiencia: “Eficiencia existente”, “Mejor eficiencia Colombia”, y “Mejor eficiencia internacional” (ver Figura 32). Igualmente se activarán dos pestañas nuevas resaltadas en rojo. La primera es el “Nivel de actividad” en la cual se elige la combinación de tecnologías que usan el energético seleccionado dentro del respectivo uso y subsector. Esta combinación de tecnologías, las cuales deben sumar 100%, definen el nivel deseado de eficiencia.

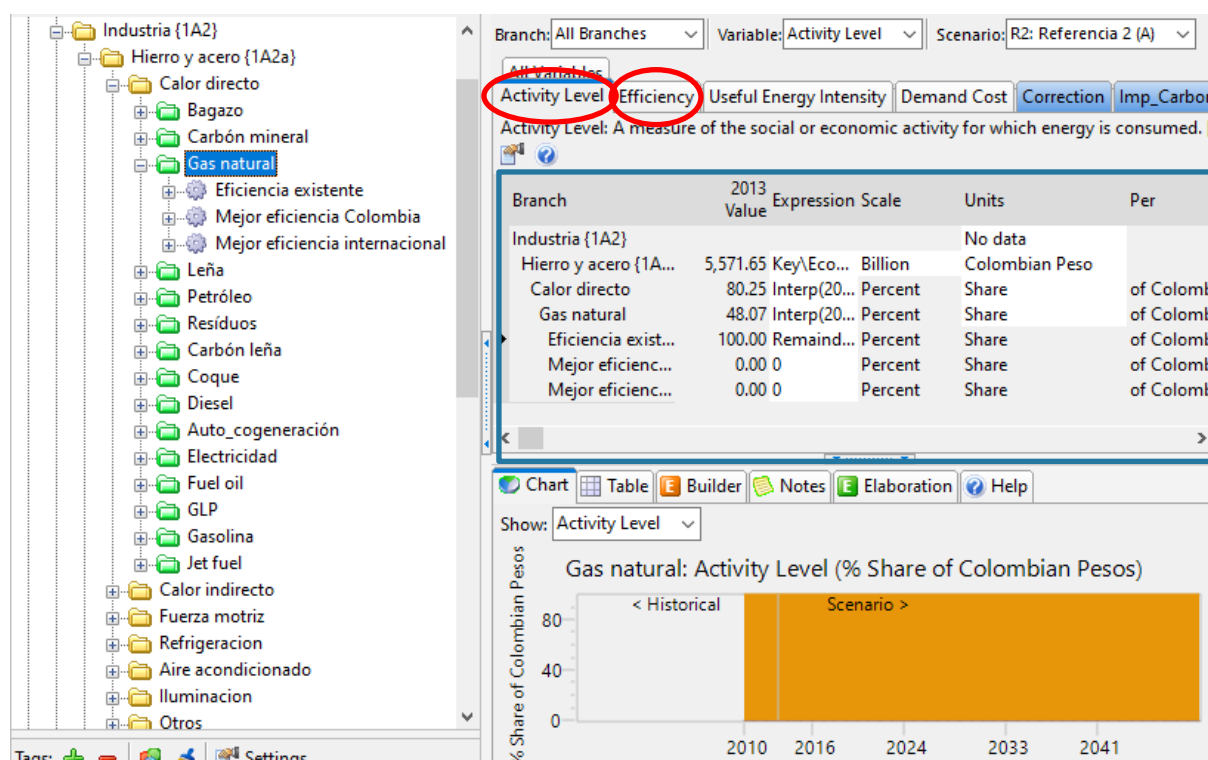


Figura 32: Representación en LEAP del empleo de gas natural para el uso de calor directo en la subcategoría 1A2a Hierro y acero

Para ello, en la segunda pestaña de “Eficiencia” se definen los niveles de eficiencia en una escala de 0 a 100 en la que la “Mejor eficiencia internacional” representa el estado del arte de la tecnología internacional para la combinación única de energético, uso, y subsector, y por tanto, tiene la mayor eficiencia de todas. Seguido la “Mejor eficiencia Colombia” con la mejor eficiencia disponible en Colombia, y finalmente la “Eficiencia existente” con el nivel de eficiencia actual. Como se indicó en el párrafo anterior, la combinación de estas tres tecnologías, cada una con una eficiencia particular, define el nivel deseado de eficiencia para el energético seleccionado dentro del respectivo uso y subsector.

### 5.2.2. Energía final

Para las subcategorías 1A2i Minería y cantería y 1A2k Construcción, el enfoque de modelamiento es mostrado a continuación.

Tomando como ejemplo la subcategoría 1A2i Minería y cantería, al hacer clic sobre ésta en el costado izquierdo de la pantalla se despliega una ramificación denominada “Todos los usos”. Como se ha explicado anteriormente, en estos sectores no fue posible desagregar los usos de la energía en consecuencia todos los usos están agrupados en una sola carpeta. Dos pestañas nuevas son activadas, el “Nivel de actividad” y la “Intensidad de energía final”. En la primera está alojada la expresión que



define el nivel de actividad para estimar la demanda de energía sectorial la cual es un link al PIB del sector minero alojado en la dirección “Key\Economicos\Valor Absoluto\Minas y canteras {CIU B}”. En la segunda pestaña está la expresión que establece la intensidad de energía final sectorial definida en unidades de energía por unidad de PIB (kJ/Pesos colombianos).

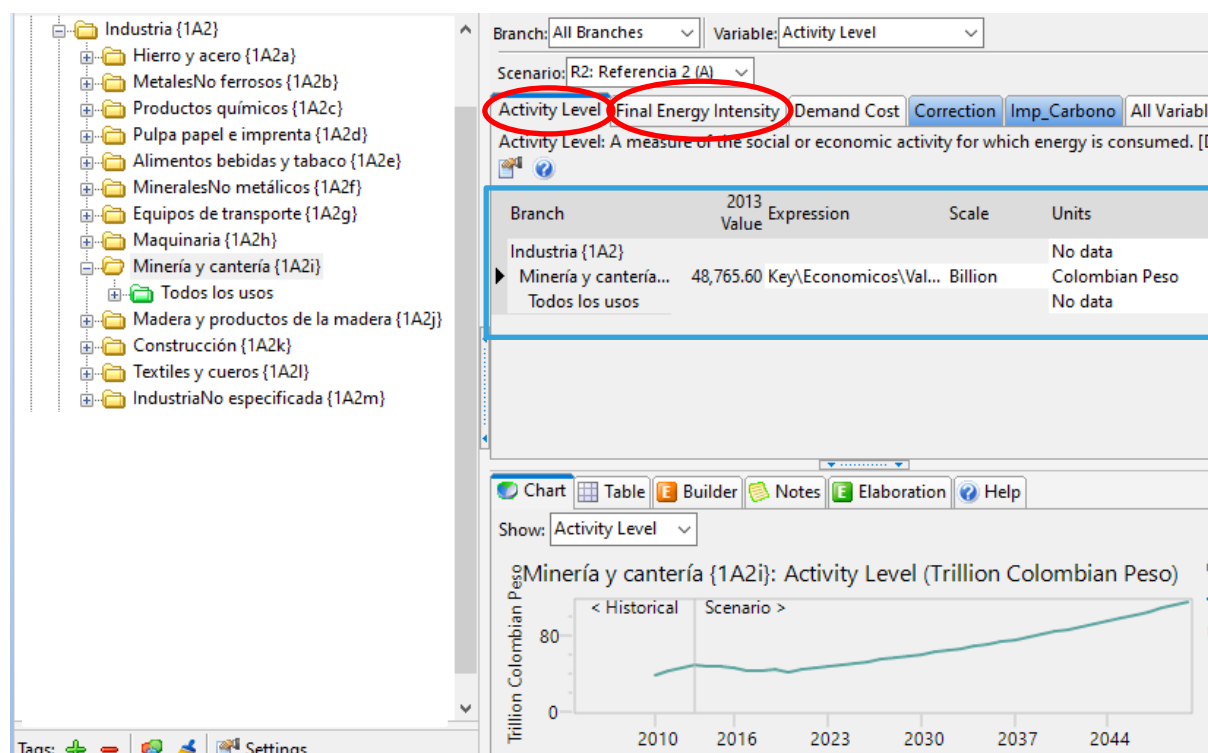


Figura 33: Representación en LEAP del empleo de gas natural para el uso de calor directo en la subcategoría 1A2a Hierro y acero

Haciendo clic en “Todos los usos” en la estructura de árbol se desplegarán una lista de combustibles utilizados en el sector. En la pestaña señalada en rojo denominada “Fuel Share” está la participación porcentual para cada uno de los combustibles.

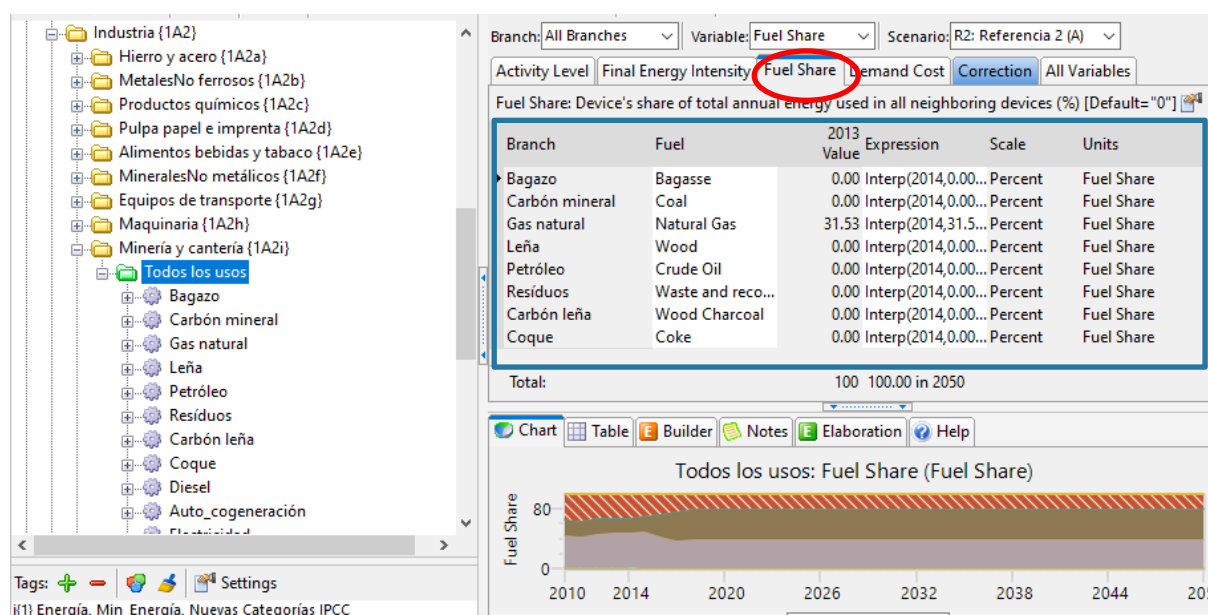


Figura 34: Representación en LEAP de la participación de combustibles en la subcategoría 1A2i Minería y Cantería

## 5.3. Transporte

### 5.3.1. Estructura de LEAP para el sector transporte

En transporte se modelaron cuatro segmentos: i) aviación civil, ii) transporte terrestre; iii) ferrocarriles y iv) navegación (ver Figura 35). Estos corresponden a la clasificación del IPCC adoptada para la elaboración del inventario nacional de emisiones (ver Informe Escenario de Referencia| Metodología transporte). El segmento “otro transporte” se abordó desde industria de la energía.

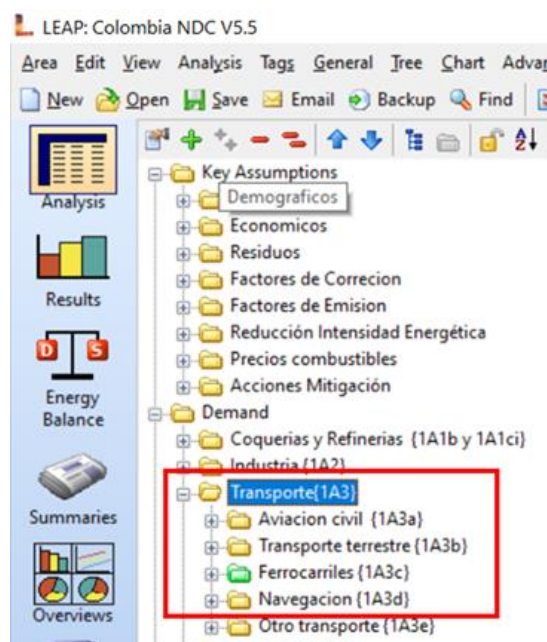


Figura 35: Estructura general sector transporte.

Cada uno de los cuatro segmentos se abre en un segundo nivel según como se presenta en la siguiente figura:

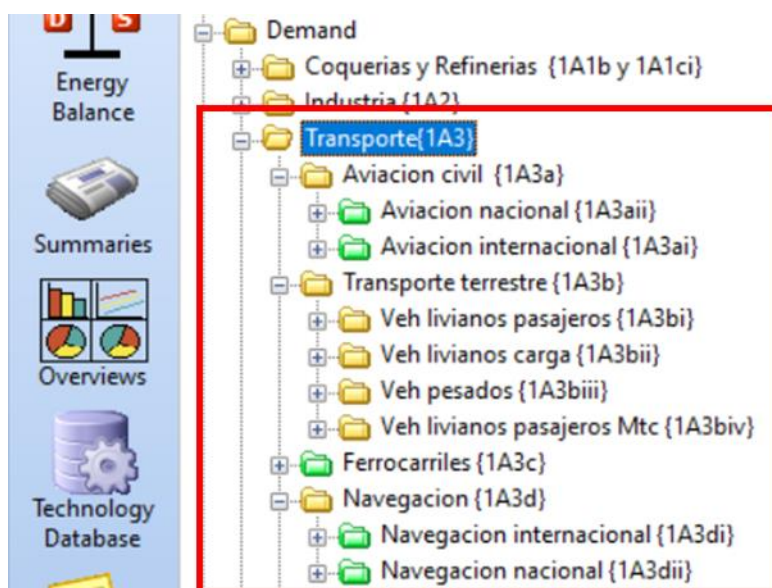


Figura 36: Estructura sector transporte-Nivel 2.

El segmento carretero se modeló considerando mayor desagregación, tal como se muestra en la siguiente figura:

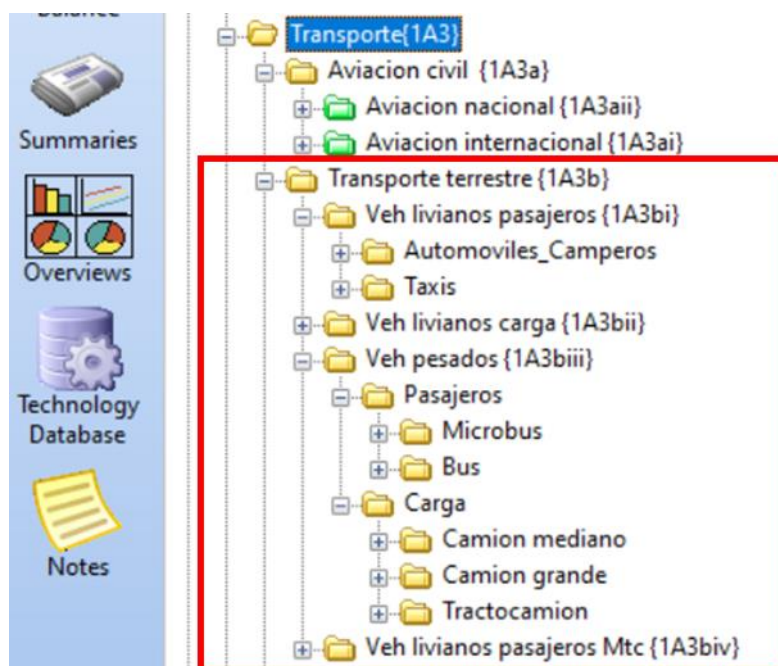


Figura 37: Estructura segmento carretero.

El siguiente nivel en el árbol representa los energéticos que se utilizan en los segmentos aviación, ferrocarriles y navegación (Figura 38). Para el caso del transporte carretero se tienen dos niveles adicionales de desagregación según tipología de la flota y energéticos (Figura 39).

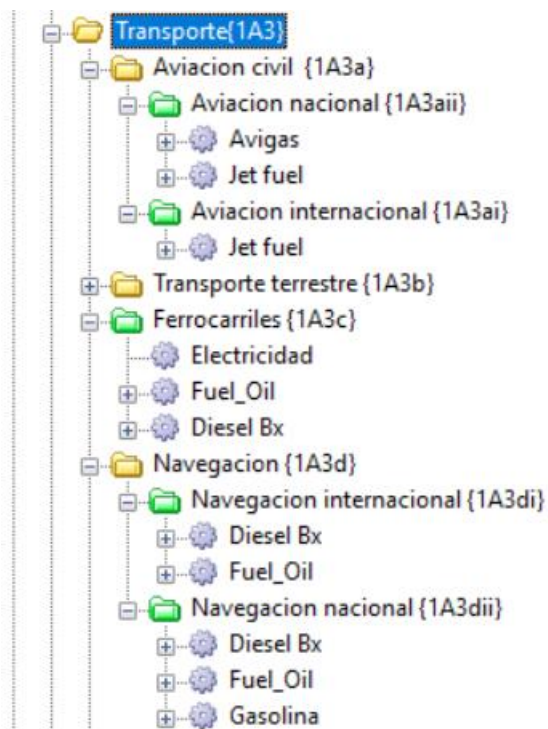


Figura 38: Estructura según energéticos en segmentos aviación, ferrocarriles y navegación.



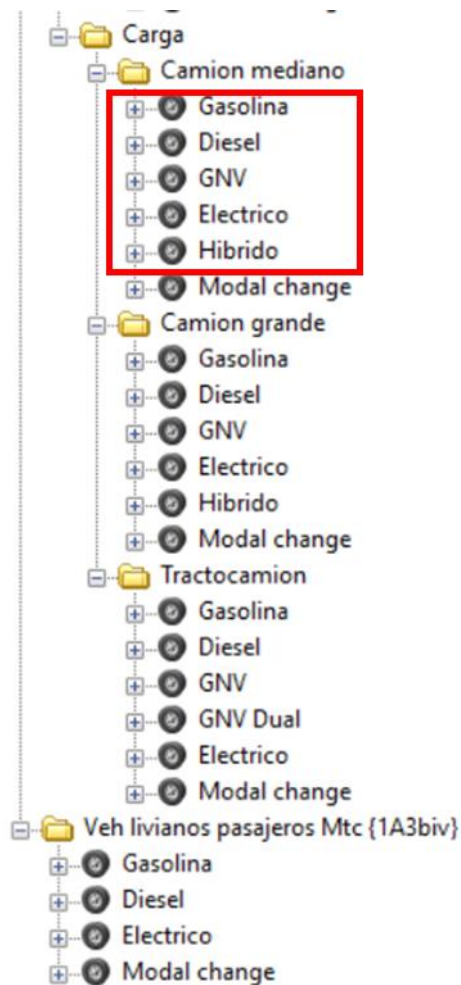


Figura 39: Ejemplo de la estructura del transporte carretero según tipología de la flota y energéticos.

#### 5.3.1.1. Representación de medidas de reducción del uso de modos no motorizados

LEAP es un modelo tecnológico y por lo tanto la representación de medidas de gestión de la demanda y de cambio modal a modos no motorizados se puede hacer creando tecnologías que representen este comportamiento. Esto aplica para medidas como la Nama DOTs que busca reducir el uso de los vehículos mediante cambios en los usos del suelo en las áreas urbanas; o para medidas como la Nama Tandem que llevan a la reducción del uso de modos motorizados por sustitución con transporte activo. Estas medidas no implican que se elimine flota, sino que se use menos.

Se creó la categoría “Modal Change” para representar medidas en las cuales se reduce actividad vehicular. Este modo no consume combustibles ni tiene asociadas emisiones; para simular este efecto se creó el energético “NMT” (non-motorized).

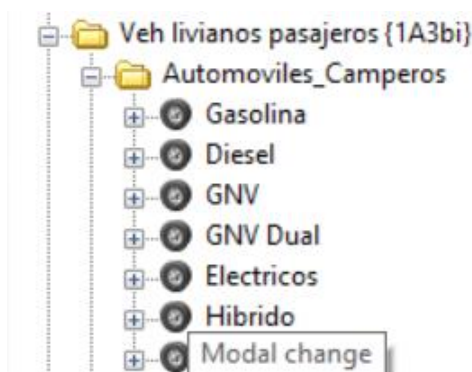


Figura 40: Ejemplo de categoría “Modal Change” creada para representar modos no motorizados.

Fuente: elaboración propia.

### 5.3.2. Modelación de demanda de energía

Los segmentos aviación, ferrocarriles y navegación se modelaron en función de la intensidad energética. En esta metodología los principales parámetros son:

- Nivel de actividad (*Activity level*): el PIB nacional es el *driver* de la actividad en estos segmentos (ver “Notes” en LEAP).
- Intensidad energética (*Final energy intensity*): la intensidad se estima según el BECO (y otras fuentes de información complementarias) y el PIB nacional (ver fórmulas y fuentes en el Reporte de Escenario de Referencia | Metodología transporte; ver “Notes” en LEAP).
- Participación de los energéticos (*Fuel share*): se estimó según el BECO (y otras fuentes de información complementarias) (ver fórmulas y fuentes en el Reporte de Escenario de Referencia | Metodología transporte; ver “Notes” en LEAP).

En el escenario “current accounts” se define el valor de cada uno de los parámetros para el periodo 2010-2013. En la Figura 40 se presenta el ejemplo para el segmento ferroviario.

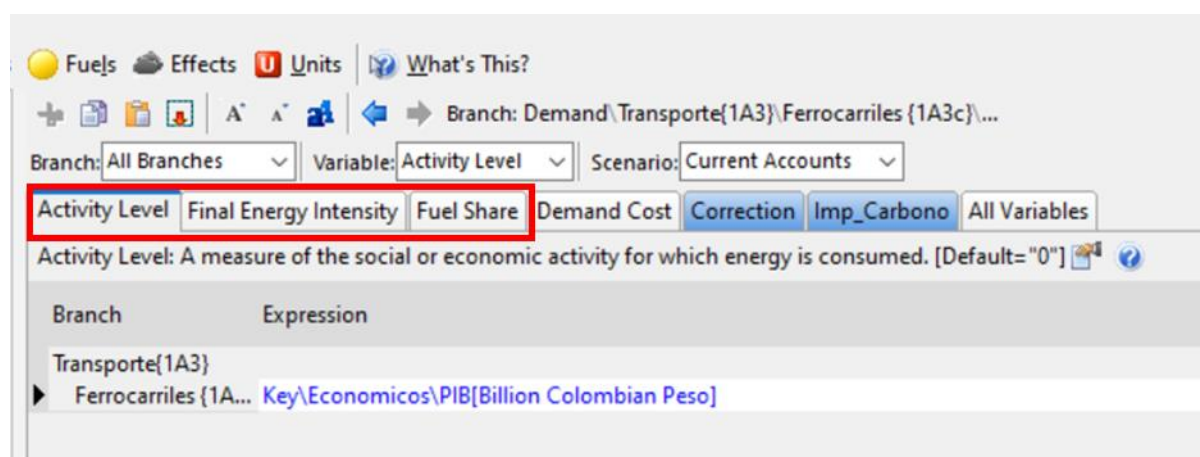


Figura 41: Modelación en función de la intensidad energética.

La modelación del segmento carretero se basa en la metodología por *stock* (ver *Manual Modelo LEAP para mayores detalles sobre la metodología y las fórmulas que utiliza LEAP*). En este caso se requiere la siguiente información para caracterizar el periodo 2010-2013:

- Inventario (*Stock*): información histórica sobre el tamaño de la flota vehicular (ver fórmulas y fuentes en el Reporte de Escenario de Referencia - Metodología transporte). Este se define en la rama “demand” (ver Figura 41).

- Participación en el inventario (Stock share): participación de cada subsector según el tamaño de la flota en la flota total (ver fórmulas y fuentes en el Reporte de Escenario de Referencia|Metodología transporte) (ver Figura 42).
- Participación en ventas (Sales share): participación de cada subsector en las ventas anuales de flota (ver fórmulas y fuentes en el Reporte de Escenario de Referencia|Metodología transporte) (ver Figura 42)

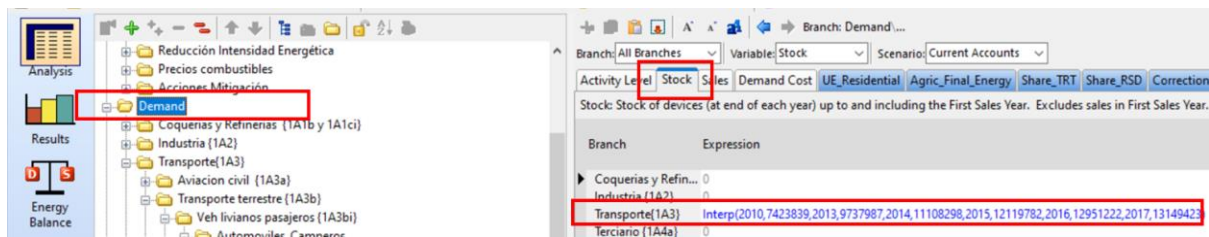


Figura 42: Representación años 2010-2013 tamaño flota segmento carretero.

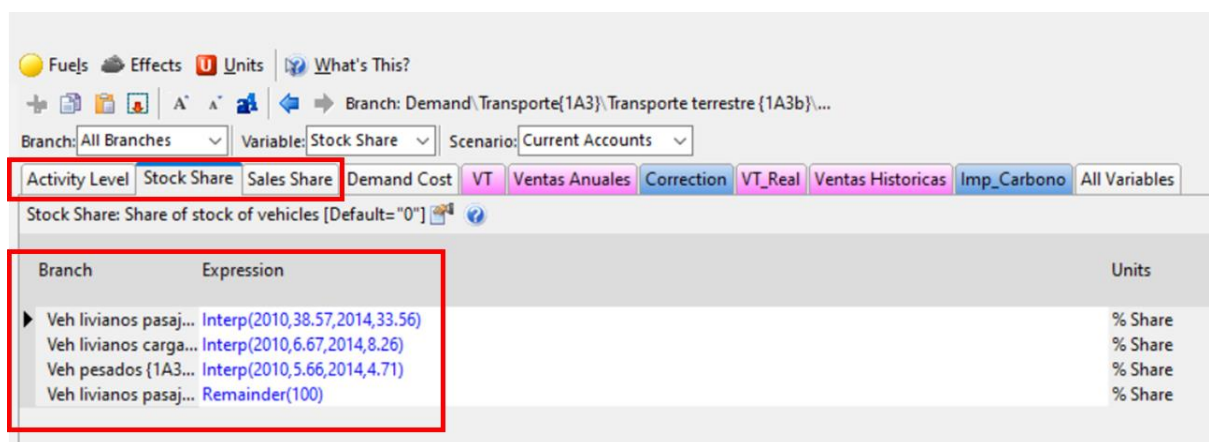


Figura 43: Representación años 2010-2013 segmento carretero.

### 5.3.1. Caracterización de la flota vehicular

Cada categoría del transporte carretero, por tipología de la flota y energético, se caracteriza según el perfil de edades existente en la flota nacional (Figura 43) y según la tasa de salida de la flota (Figura 44). Esta información se obtuvo para cada categoría a partir del RUNT (ver Escenario de Referencia|Metodología transporte). Estas curvas se crean en la pestaña “General” en la función “lifecycle profiles”. Mediante las mismas curvas se define la vida útil de la flota.

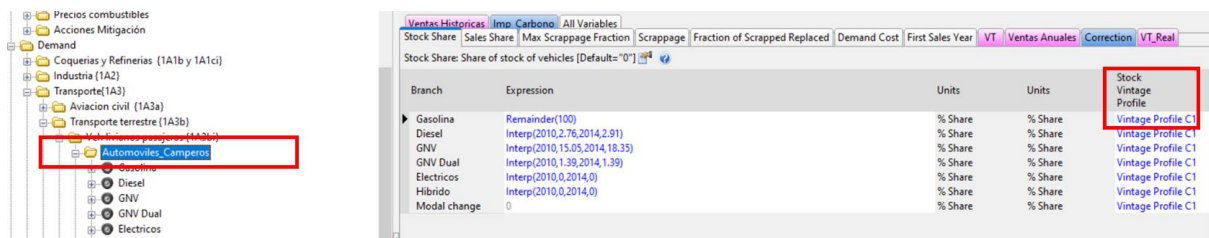


Figura 44: Caracterización de la flota con perfil de edades del stock.

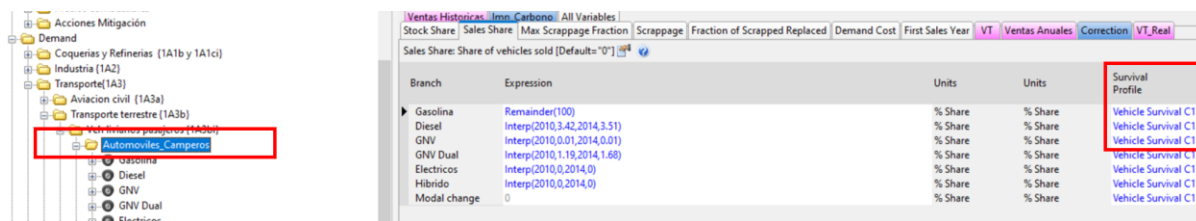


Figura 45: Caracterización de la flota según tasas de salida.

Para caracterizar el desempeño y actividad de cada categoría se definen dos parámetros adicionales:

- Rendimiento del combustible (*Fuel economy*): se ingresa información de rendimiento de flota nueva. LEAP permite representar perfiles de degradación y mejora. Esta función se utilizó en el escenario de referencia para representar la mejora esperada en el factor de rendimiento de combustible en la flota que ingresa al parque en años siguientes (ver Figura 45 y Escenario de Referencia | Metodología transporte y soportes en Excel del escenario de referencia).

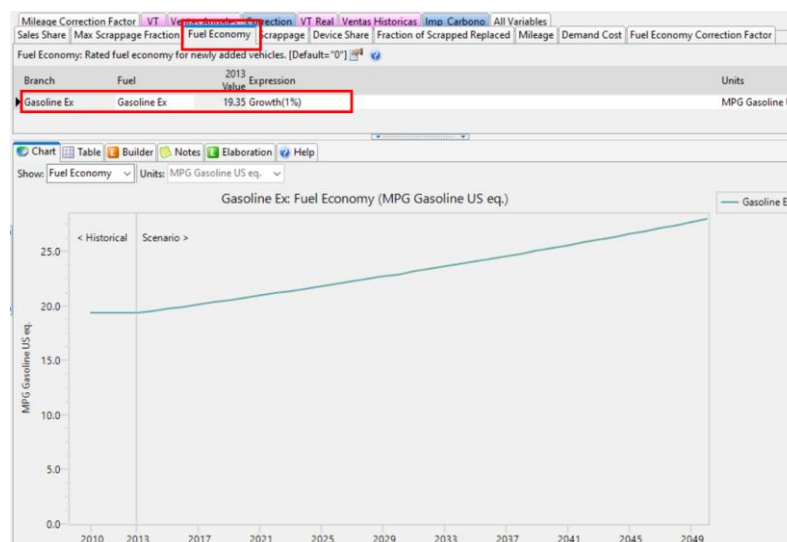


Figura 46: Función para representar el rendimiento del combustible y mejoras futuras.

- Factor de actividad (*Mileage*): se ingresa información sobre la actividad de la flota nueva. LEAP permite representar perfiles de reducción del uso de la flota en función de la edad. Esta función se utilizó para representar en el segmento de carga un menor uso de la flota más antigua respecto a la actividad de la flota nueva. Esto se requería para luego poder representar de mejor manera la medida de mitigación asociada al Programa de chatarrización y renovación de carga.

### 5.3.1. Crecimiento de demanda energética en escenario de referencia

Esta información se introduce bajo “*Scenario: Referencia 2 (A)*”. El *driver* de crecimiento de la demanda de energía en los segmentos férreo, navegación y aéreo es el PIB nacional. Para cada uno de estos se fija el crecimiento en la pestaña “activity level”. Adicionalmente, es posible representar variaciones en la intensidad energética “final energy intensity” y en la participación por energético en los años futuros en la pestaña “fuel share” (ver Figura 46).

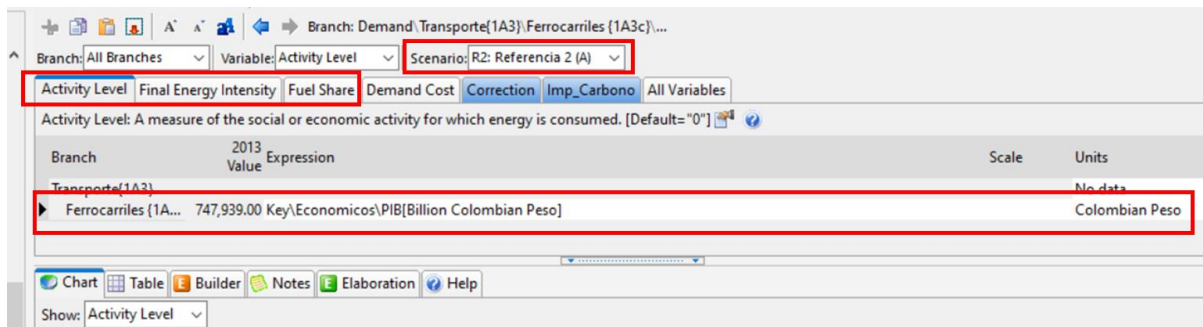


Figura 47: Proyección de escenario de referencia en metodología de intensidad energética.

Por su parte, el escenario de referencia del segmento carretero se construye principalmente con información sobre el crecimiento del stock y la participación en ventas de cada categoría y tecnología. El crecimiento de la flota del escenario de referencia se estimó en Excel (ver Escenario de Referencia|Metodología transporte y soportes en Excel del escenario de referencia). Para el caso de los modos privados se utilizó una función Gompertz para modelar las tasas de motorización y luego con los supuestos de PIB y población se estimó la flota vehicular año a año. Las otras categorías de transporte urbano de pasajeros se modelaron teniendo en cuenta su participación en la flota total con base en los estudios de soporte de la NDC 2015. El transporte de carga se modeló con base en el crecimiento del PIB.

Teniendo en cuenta el crecimiento esperado en el *stock* y las tasas de salida de la flota, se estimó la tasa de crecimiento de las ventas anuales. Esta información se representó en LEAP mediante tasas de crecimiento para diferentes periodos (Figura 47).

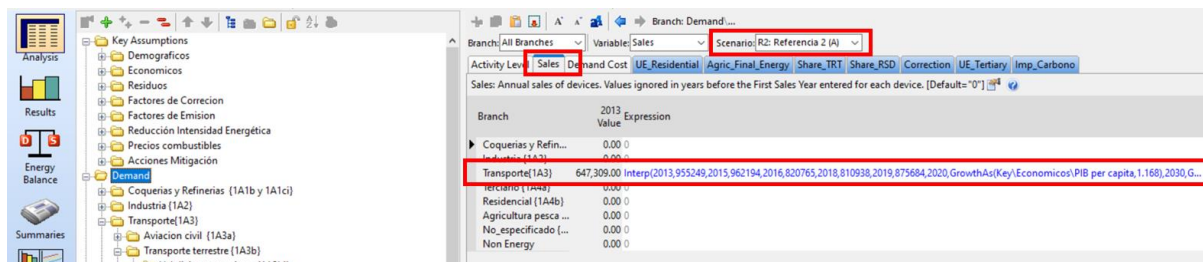


Figura 48: Tasas de crecimiento de las ventas de flota.

También se crearon las variables que se requieren para desarrollar estos análisis de crecimiento de las tasas de motorización y de la flota dentro del mismo modelo (Figura 48), por si se quiere usar en etapas futuras. Sin embargo, esto no se recomienda dentro de un modelo nacional (con todos los sectores de la economía), por el tiempo adicional de computación que se requeriría.

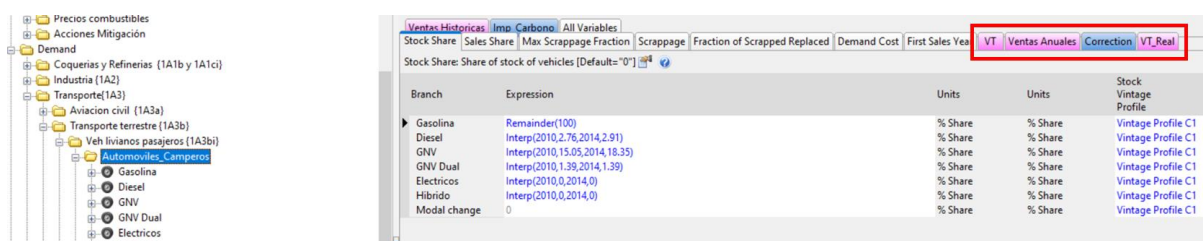


Figura 49: Variables para proyección de tasas de motorización.



## 5.4. Terciario

El sector terciario cuenta con dos subsectores: "Comercial", "Publico", y la demanda de energía y las emisiones de GEI se modelan por separado (Figura 50). Hay otro nivel "Historico" que presenta los datos sobre el consumo histórico de energía por combustibles para el sector durante el período 2010-2013. Limitaremos nuestra explicación a "Comercial" ya que "Publico" sigue la explicación similar.

Si hace clic en "Terciario" en el cuadro izquierdo de la Figura 50, el botón importante en el lado derecho es "Nivel de actividad", que define el valor agregado futuro para dos subsectores con fórmula/Expresión (rectángulo azul interior) vinculado con la Asunción clave en "Económicos" y sus subsectores, por lo tanto, es mejor no cambiar aquí. También muestra el valor añadido histórico que se discutirá más adelante. Todos los demás botones no son relevantes en este nivel. Las variables definidas por el usuario son Share\_TRT, Correcion y UE\_Tertiary, las explicaremos cuando sean relevantes.

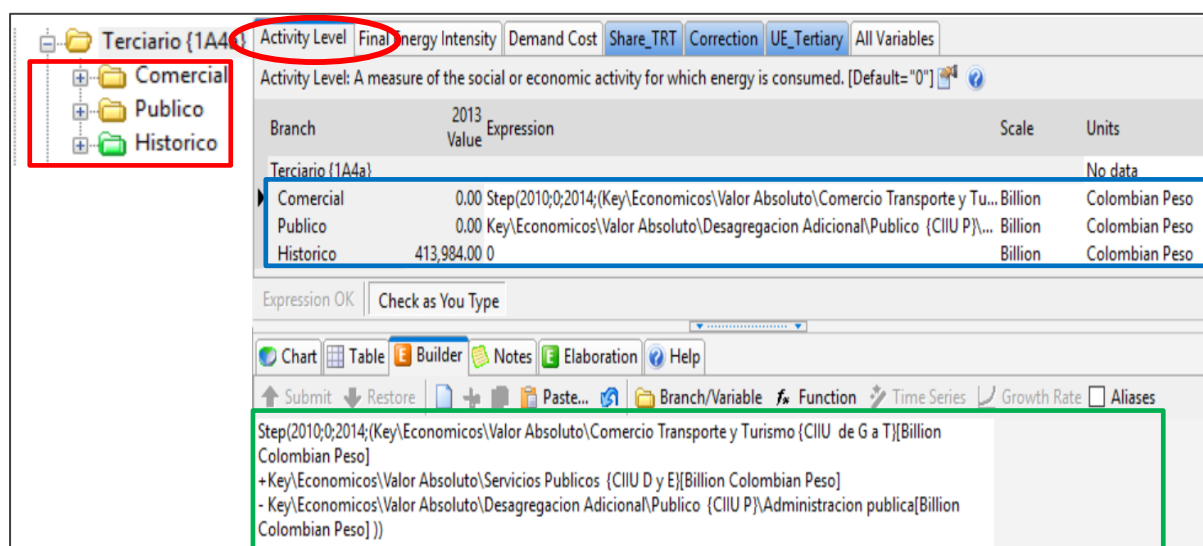


Figura 50: Representación del sector terciario

### 5.4.1. Comercial

Si hace clic en "Comercial", los usos finales están cubiertos en este subsector aparecen, que incluyen "Calor Directo", "Calor Adentro" y así sucesivamente, que se muestra en el cuadro izquierdo de la Figura 51. Explicamos "Calor Indirecto" y la explicación es muy similar a los usos finales del sector residencial. Si hace clic en "Bajo Calor" (Figura 51) en el cuadro izquierdo, se muestran dos combustibles de Gas Natural y Electricidad que se utilizan para satisfacer esta demanda de uso final. Si hace clic más en cualquiera de este combustible, se definen aparatos con tres niveles de eficiencia diferentes para cada uno de estos combustibles, "Eficiencia Existente", "Mejor Eficiencia Colombia", y así sucesivamente.

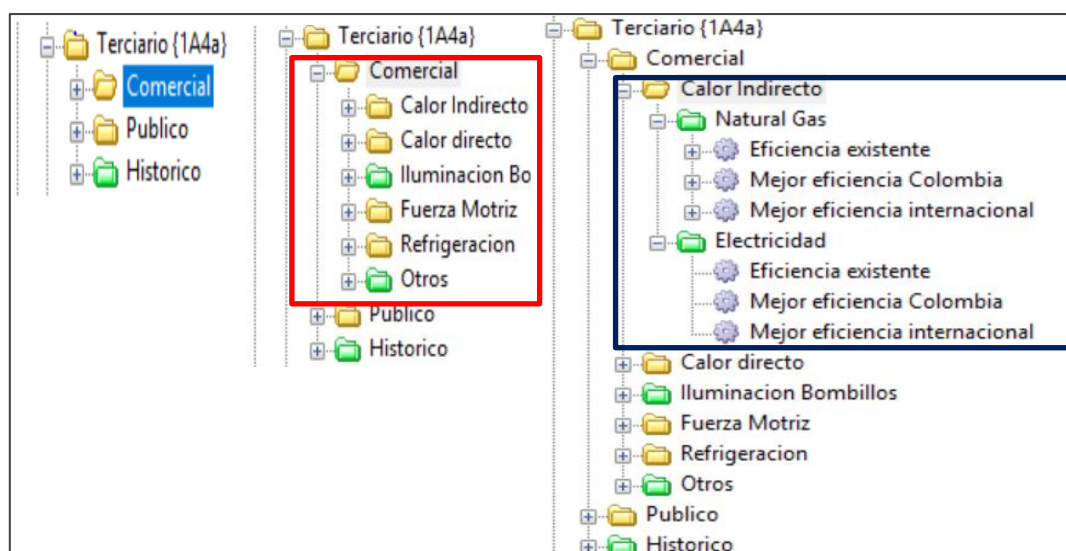


Figura 51: Explicación del subsector comercial

### Calor Indirecto

Si hace clic en "Calor indirecto" en el cuadro izquierdo, en el cuadro derecho de la Figura 52, los botones importantes son "Activity level", "Useful Energy Intensity", "Correccion", "UE\_Tertiary". Si hace clic en "Nivel de actividad" en el cuadro derecho (dentro de la elipse de color rojo en la Figura 52), verá los datos sobre la cuota porcentual histórica y futura (bajo Expresión) de dos combustibles Gas natural y Electricidad en la demanda de energía "Calor Indirecto". Estas son suposiciones y los datos para el futuro se pueden cambiar si el usuario tiene mejores datos.

El siguiente botón es "Useful Energy Intensity", si hace clic en el botón, verá la Expresión para la futura Intensidad de energía útil para este uso final enlazando con los datos proporcionados en "UE\_Tertiary" y "Corrección". Datos bajo el botón "Corrección" vinculados a un factor de ajuste definido en Key Assumptions para replicar datos históricos sobre el cálculo de Intensidad de Energía Útil y sin necesidad de cambiar. En la visión actual este parámetro no se usa debido a la decisión de replicar los datos históricos únicamente a 2015. Se decidió dejar en el modelo en caso que el usuario desee replicar los datos históricos. Para esto debe asegurarse que los sectores a intervenir están vinculados a un parámetro de corrección que es diferente dependiendo del energético. El factor de ajuste debe ser calculado externamente considerando los resultados de LEAP y el valor oficial. "UE\_Tertiary" tiene datos sobre intensidad de energía útil para el futuro (dentro del rectángulo azul cielo, Figura 52), se puede cambiar / actualizar si hay mejores datos disponibles.

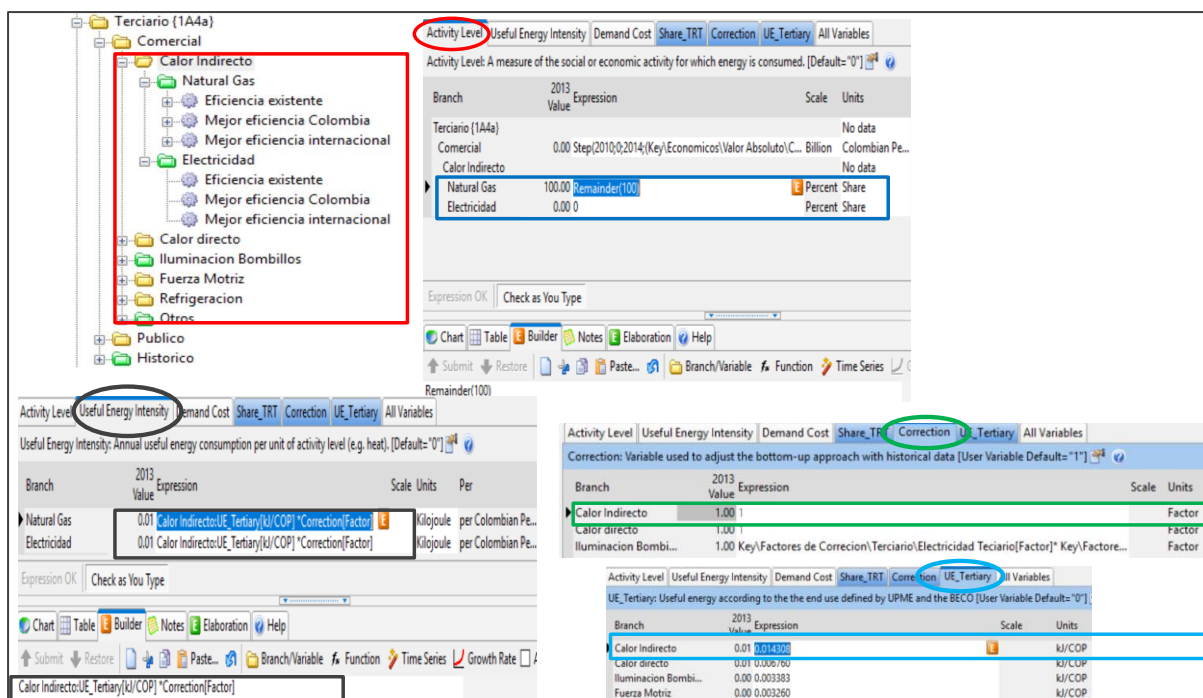


Figura 52: Explicación del uso final "Calor Indirecto"

Si hace clic en el siguiente nivel "Natural\_Gas" en el cuadro izquierdo (dentro de la elipse negra), en el cuadro derecho, dos botones son importantes "Activity\_level" y Eficiencia (Figura 53). El nivel de actividad muestra los datos sobre la cuota porcentual histórica y futura de gas natural para satisfacer la demanda de energía de "Calor\_Indirecto" (rectángulo azul interior) y se puede cambiar, también muestra datos sobre la cuota futura de uso de diferentes tecnologías basadas en la eficiencia, estos son datos y se pueden cambiar /actualizar, si el usuario tiene mejores datos. Siguiendo botón es "Efficiency", muestra los datos de eficiencia (dentro del rectángulo negro) de tres tecnologías basadas en tres niveles de eficiencia utilizando gas natural y estos datos se pueden actualizar / cambiar. Los botones restantes no son relevantes.

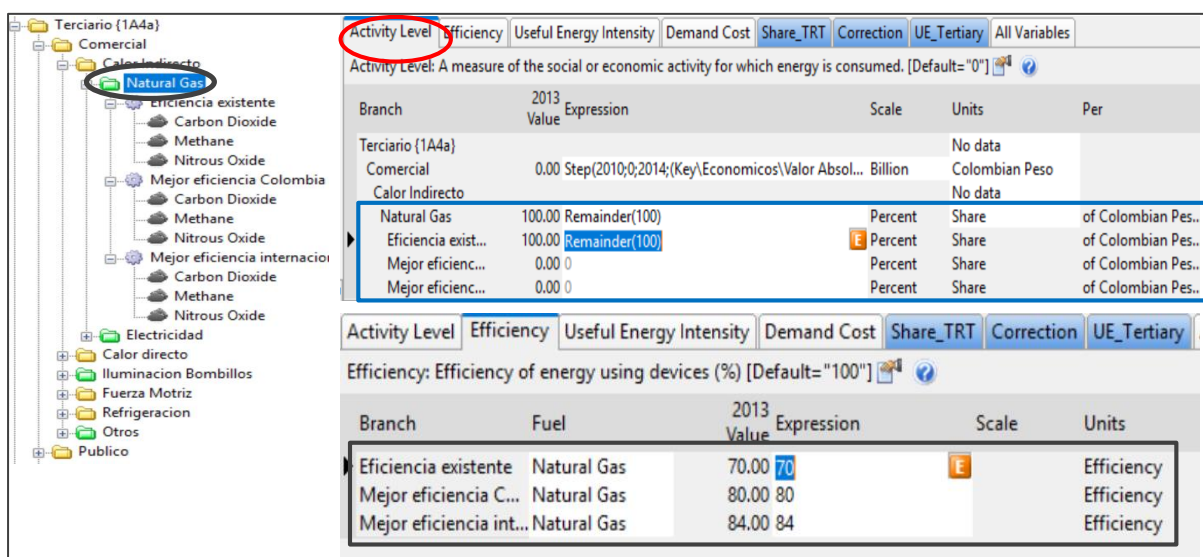


Figura 53: Explicación del fin-uso "Calor Indirecto" (cont.)



El siguiente nivel en el cuadro izquierdo es “Eficiencia Existente” usando gas natural. Diferentes GEI para gas natural se definen por debajo de este nivel (Figura 54). En el cuadro de la derecha, sólo un botón es relevante, este es “Avg Environmental Loading” presentando factores de emisiones de diferentes GEI vinculados con el factor de Emisiones definido en “Key Assumptions”.

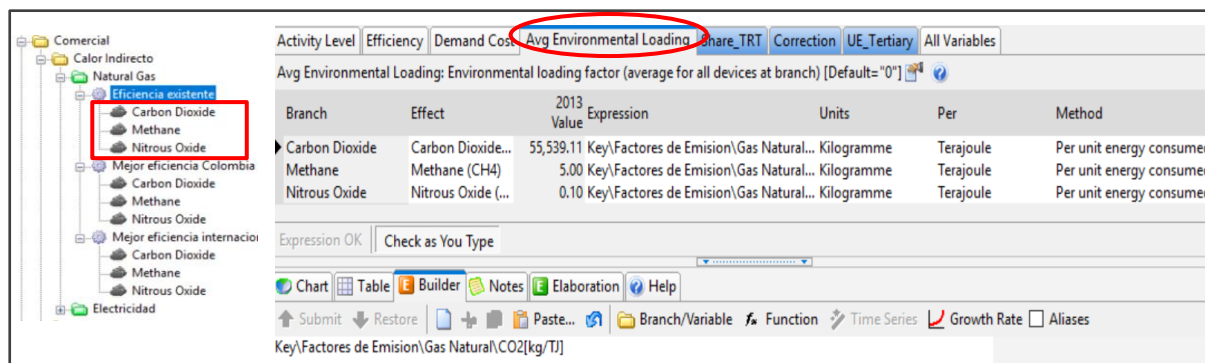


Figura 54: Explicación del uso final "Calor Indirecto"(cont.)

El segundo combustible "Electricidad" utilizado en "Calor Adentro" tiene una explicación similar a la del gas natural.

## Calor Directo

Este uso final tiene una explicación similar a la anterior "Calor Indirecto".

## Iluminación Bombillos

Una vez que haga clic en el botón “**Iluminacion Bombillos**” en el cuadro izquierdo (Figura 55), aparecen varias tecnologías de iluminación utilizadas en este sector, Cialitica, Fluorecente T12, etc.. Los botones importantes de la caja derecha son “Activity Level”, “Efficiency”, “Useful Energy Intensity”, “Im per W Comercial”, Correctio y UE\_Tertiary. “Im per W Comercial” es una variable definida por el usuario, que proporciona datos sobre la eficiencia de las tecnologías de iluminación en Lumen por vatio. Vamos a describir estos botones.

Dando clic en “Activity” muestra el porcentaje de participación de diferentes tecnologías de iluminación para satisfacer la demanda de iluminación, estos son datos y se pueden cambiar. Botón siguiente “Efficiency” calcula la eficiencia futura de las diferentes tecnologías de iluminación con fórmula/expresión y no se puede cambiar.

El siguiente botón es “Useful Energy Intensity”, calcula la intensidad media futura de energía útil para la iluminación con una fórmula (rectángulo verde) utilizando los valores proporcionados en “UE\_Tertiary” y “Correcion Factor”, y no se puede cambiar.

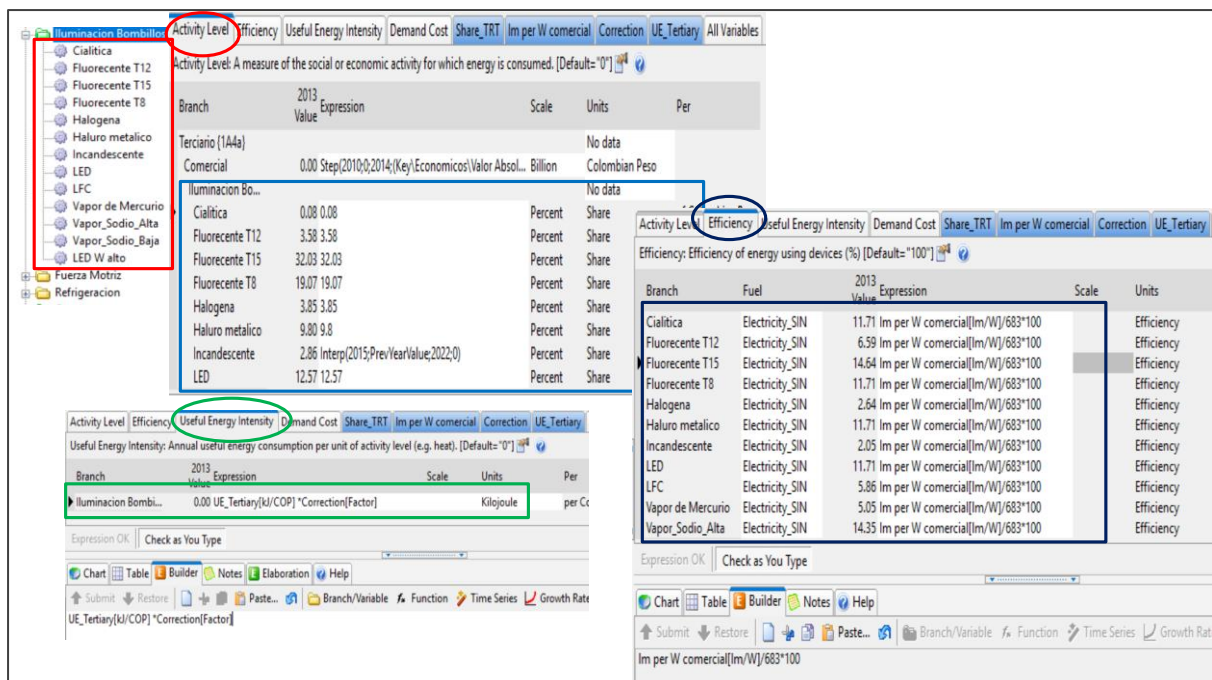


Figura 55: Explicación del uso final "Illuminacion"

El botón "Correction" proporciona un factor que tiene una definición similar a la explicada anteriormente. "UE\_Tertiary" proporciona la suposición sobre el valor futuro de la intensidad energética útil de la Iluminación en el subsector comercial (dentro del rectángulo verde) y puede ser cambiado/actualizado si se dispone de mejores datos (Figura 56).

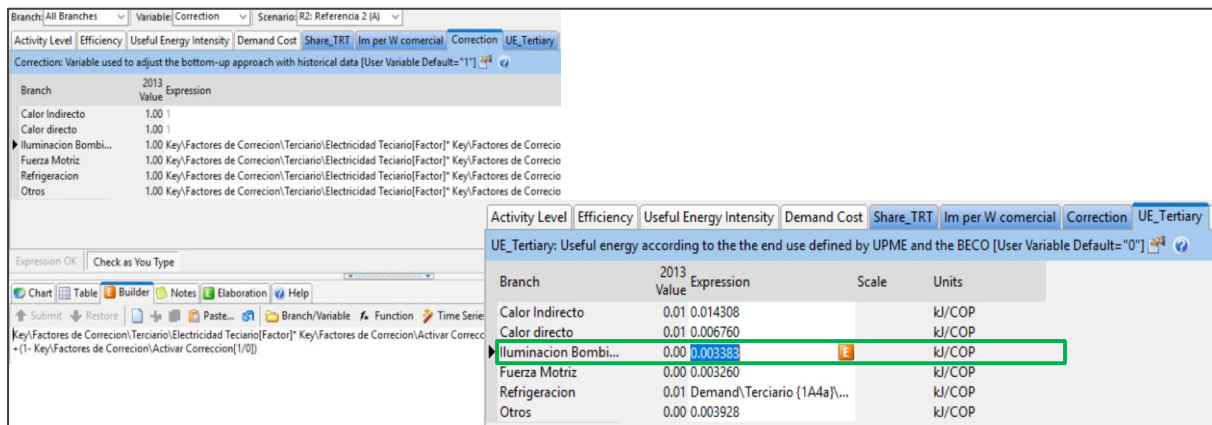


Figura 56: Explicación del uso final "Illuminacion"(cont.)

## Fuerza Motriz

Si se da clic en "Fuerza Motriz" seis usos finales aparecen, Bombas de Agua, Ventiladores, etc., todos ellos utilizan sólo electricidad (rectángulo rojo en la Figura 57). En la caja derecha, "Activity Level" muestra la suposición sobre la participación porcentual futura de estos usos finales en la necesidad total de energía para Fuerza Motriz. Esos son datos/suposiciones y se pueden cambiar si hay mejores datos disponibles. El siguiente botón es "Useful Energy Intensity", los valores futuros se calculan con

una fórmula que no se puede cambiar. El siguiente botón es “Correcion” que ya se ha explicado. El último botón en este nivel es “UE\_Tertiary” que proporciona un valor futuro de Intensidad de Energía Útil para Fuerza Motriz y se puede cambiar/actualizar. Los botones restantes no son relevantes.

Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units	Per
Terciano (1A4a)					
Comercial	0.00	Step(2010:0.2014)(Key)E... Billion		Colombian Peso	
Fuerza Motriz					
Bombas de agua	7.12	7.12	Percent	Share	of Colombian Pes...
Ventiladores	6.31	6.31	Percent	Share	of Colombian Pes...
Ascensores	60.29	Remainder(100)	Percent	Share	of Colombian Pes...
Escaleras electri...	16.65	16.65	Percent	Share	of Colombian Pes...
Motores Indust...	9.63	9.63	Percent	Share	of Colombian Pes...

Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units	Per
Bombas de agua	0.00	Fuerza MotrizUE_Tertiary(kJ/COP)*Correcion(Factor)		Kilojoule	per Colombian Pes...
Ventiladores	0.00	Fuerza MotrizUE_Tertiary(kJ/COP)*Correcion(Factor)		Kilojoule	per Colombian Pes...
Ascensores	0.00	Fuerza MotrizUE_Tertiary(kJ/COP)*Correcion(Factor)		Kilojoule	per Colombian Pes...
Escaleras electricas	0.00	Fuerza MotrizUE_Tertiary(kJ/COP)*Correcion(Factor)		Kilojoule	per Colombian Pes...
Motores Industriales	0.00	Fuerza MotrizUE_Tertiary(kJ/COP)*Correcion(Factor)		Kilojoule	per Colombian Pes...

Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units	Per
Calor Indirecto	1.00	1	Factor		
Calor directo	1.00	1	Factor		
Iluminacion Bombi...	1.00	Key\Factores de Correcion\Terciano\Electricidad Terciano\Factor*Key\Factores de Correcion\Acti...	Factor		
Fuerza Motriz	1.00	Key\Factores de Correcion\Terciano\Electricidad Terciano\Factor*Key\Factores de Correcion\Acti...	Factor		
Refrigeracion	1.00	Key\Factores de Correcion\Terciano\Electricidad Terciano\Factor*Key\Factores de Correcion\Acti...	Factor		
Otros	1.00	Key\Factores de Correcion\Terciano\Electricidad Terciano\Factor*Key\Factores de Correcion\Acti...	Factor		

Figura 57: Explicación del uso final "Fuerza Motriz"

Ahora cada uno de estos usos finales como Bombas de Agua tiene tres tecnologías diferentes debido a tres niveles de eficiencia diferentes, como Eficiencia Existente etc. Si hace clic en “the end use” como “Bombas de Agua”, entonces estos tres niveles de tecnologías aparecen bajo su nivel (Figura 58). En el cuadro derecho, dos botones son relevantes, “Activity Level” y “Efficiency”. Nivel de actividad que define la combinación porcentual futura de estas tecnologías (rectángulo azul) que se puede cambiar con la disponibilidad de mejores datos. “Efficiency” (Color verde) muestra la eficiencia futura de estas tecnologías y también se puede cambiar.

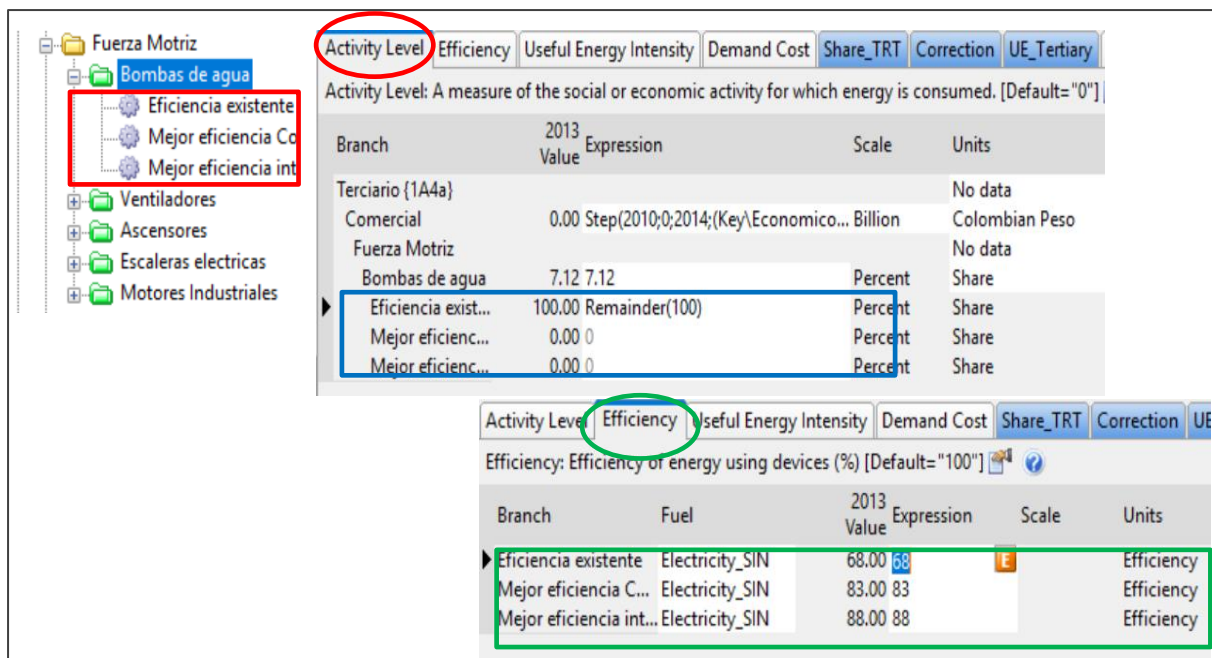


Figura 58: Explicación del uso final "Fuerza Motriz"(cont.)

Usos finales restantes como Ventiladores etc en esta categoría "Fuerza Motriz" puede explicarse de la misma manera.

## Refrigeracion

Refrigeración tiene dos componentes Aire acondicionado y Neveras (Figura 59). Se explica "Aire acondicionado" teniendo en cuenta que el método para "Neveras" es similar.

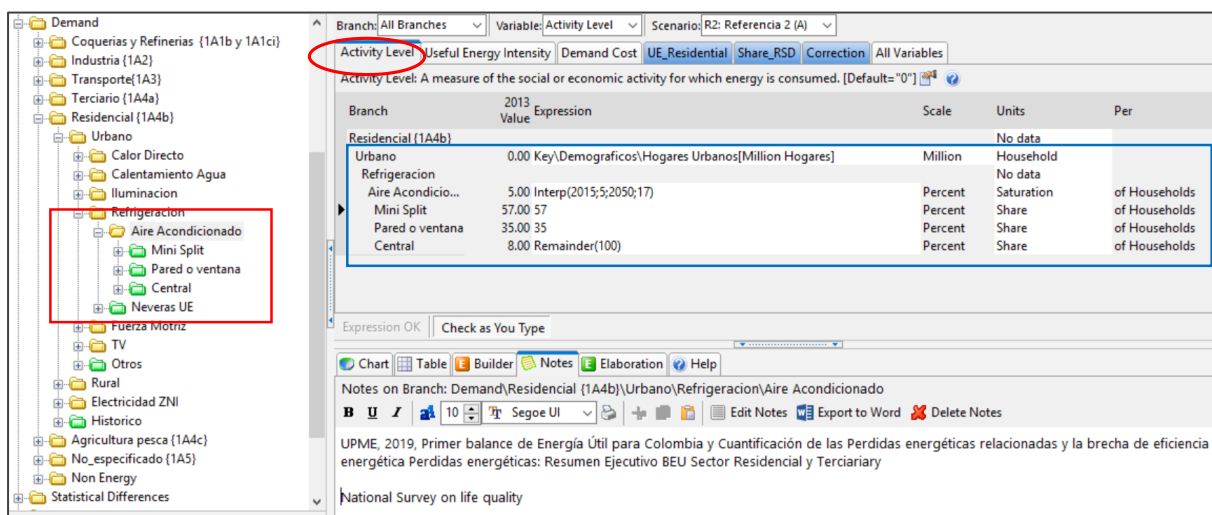


Figura 59: Explicación del uso final "Refrigeracion"

## Aire acondicionado

Vamos a centrarnos en la Figura 60. Una vez que haga clic "Aire acondicionado" en la caja izquierda, aparecen tres tecnologías de aire acondicionado basadas en diferentes niveles de eficiencia. En el cuadro de la derecha, "Activity Level" define la futura combinación porcentual de estas tres



tecnologías que se pueden cambiar/actualizar. El siguiente botón es “Efficiency”(color negro) proporciona la eficiencia futura de estas tres tecnologías que se pueden actualizar. El botón siguiente es “Useful Energy Intensity” para aire acondicionado, una formula se utiliza para calcular el valor futuro. Tiene una explicación similar a la anterior de “uso final” explicado. El botón “Correction” presenta un factor que ya está definido . El botón “UE\_Tertiary” presenta el valor futuro de la Intensidad de Energía Útil que puede ser cambiado/actualizado.

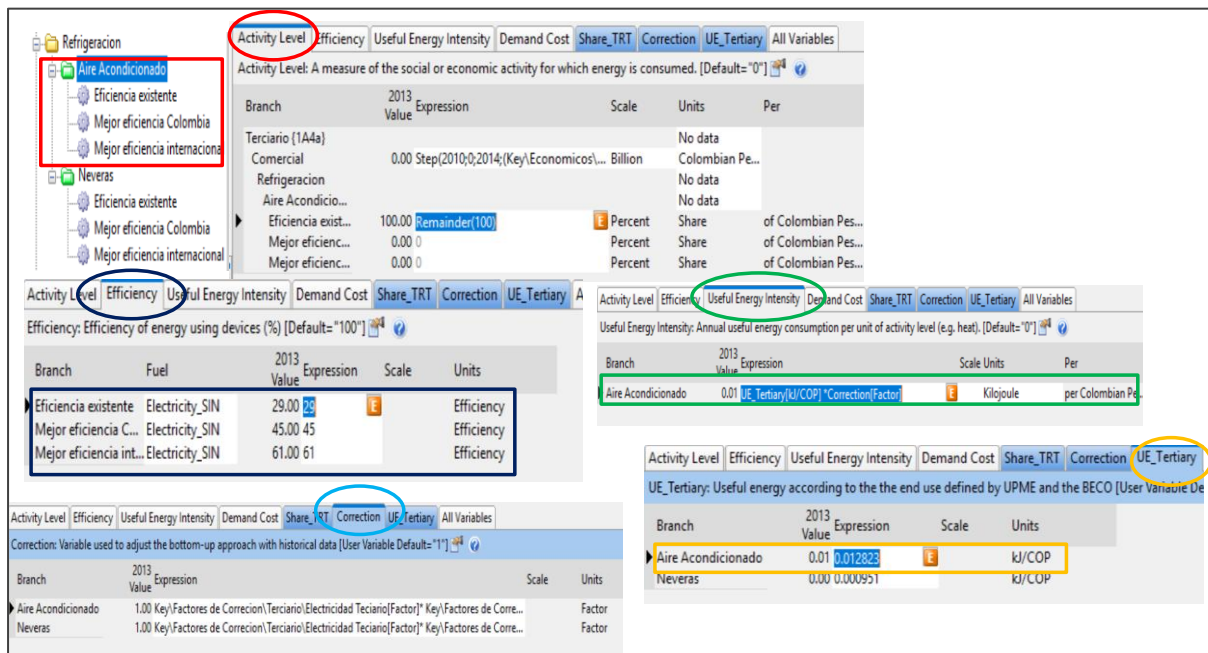


Figura 60: Explicación de la modelación de "Aire acondicionado"

## Neveras

El método es el mismo que el usado para "Aire acondicionado".

## Otros

"Otros" incluyen la demanda de energía en "All other" usos finales no cubiertos anteriormente. Si hace clic en "Otros" en el cuadro izquierdo (rectángulo rojo), los botones relevantes en el cuadro de la derecha son "Efficiency", "Useful Energy Intensity", "Correcion", "UE\_Tertiary" (Figura 61). Si hace clic en el botón "Efficiency", da el valor medio de eficiencia futura (para el cálculo, consulte el informe Escenario de referencia), este valor se puede cambiar con una mejor disponibilidad de datos. 'Useful Energy Intensity' proporciona la fórmula que calcula los valores futuros de "Useful Energy Intensity" utilizando datos de UE\_Tertiary y Correcion, que no pueden ser cambiados. "Correction" es un factor descrito anteriormente. "UE\_Tertiary" (rectángulo amarillo) proporciona el valor futuro de la intensidad de energía útil para otros usos (para el cálculo, consulte el informe de escenario de referencia), este valor se puede cambiar/actualizar.

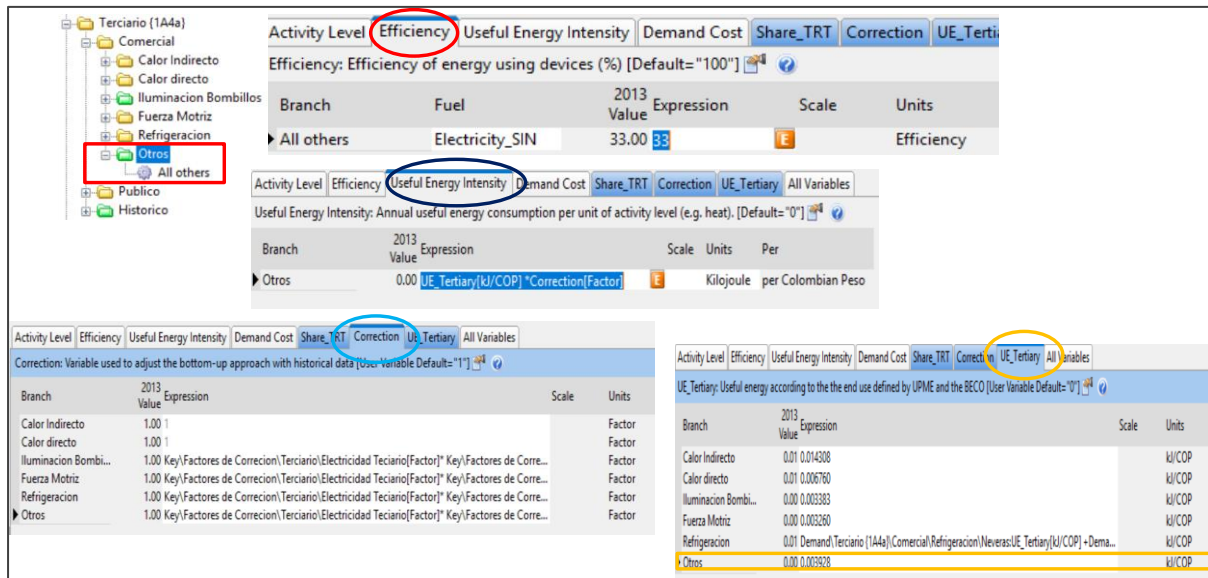


Figura 61: Explicación del modelado de "Otros"

#### 5.4.2. Publico

Diferentes componentes de "Publico" siguen la misma descripción que "Comercial".

#### 5.4.3. Historico

"Historico" presenta los datos históricos (2010-2013) sobre el consumo de energía por combustibles para el sector terciario. Al hacer clic en "Historico", en el lado izquierdo, por debajo de ese nivel verá los combustibles utilizados en el sector (rectángulo rojo, Figura 62).

En el lado derecho, los botones activos son "Activity level", "Final Energy Intensity", "Fuel Share". Si hace clic en "Activity Level", proporciona los datos históricos sobre el valor añadido del sector terciario vinculado con los datos "Economicos" en suposiciones clave. "Final Energy Intensity" da intensidad energética final histórica para el sector terciario en su conjunto (para el cálculo, consulte informe de escenario de referencia). "Fuel Share" brinda proporciones (dentro del rectángulo verde de la Figura 63) de combustible diferente en el consumo total de energía en el sector.

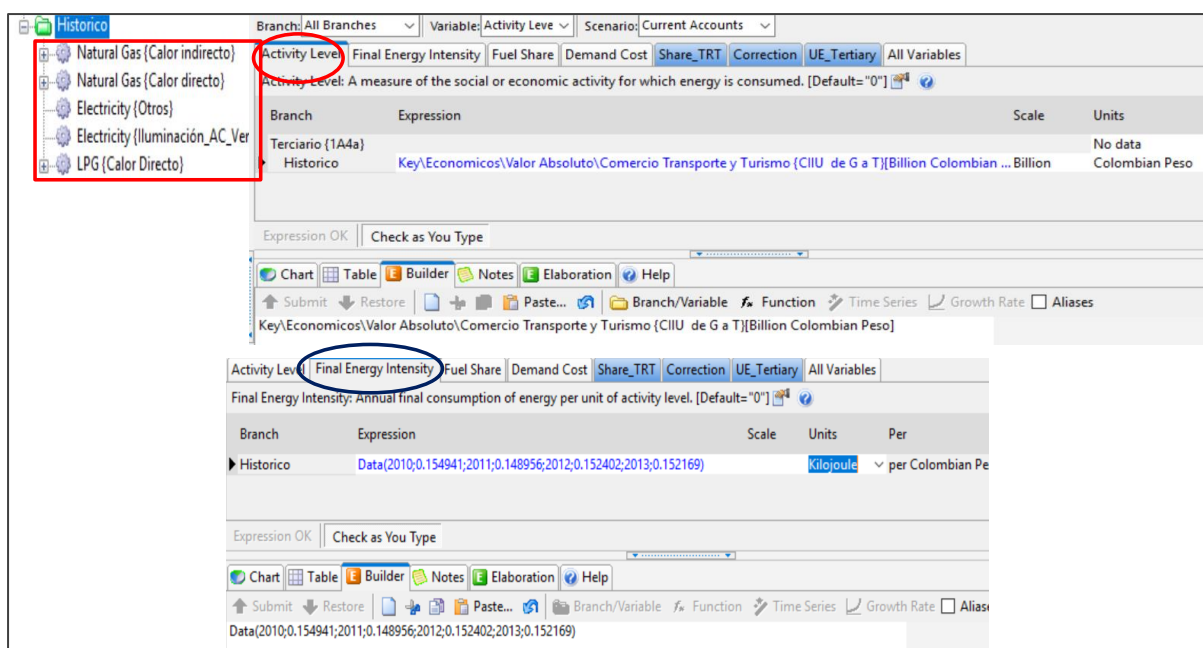


Figura 62: Explicación de datos históricos de entrada

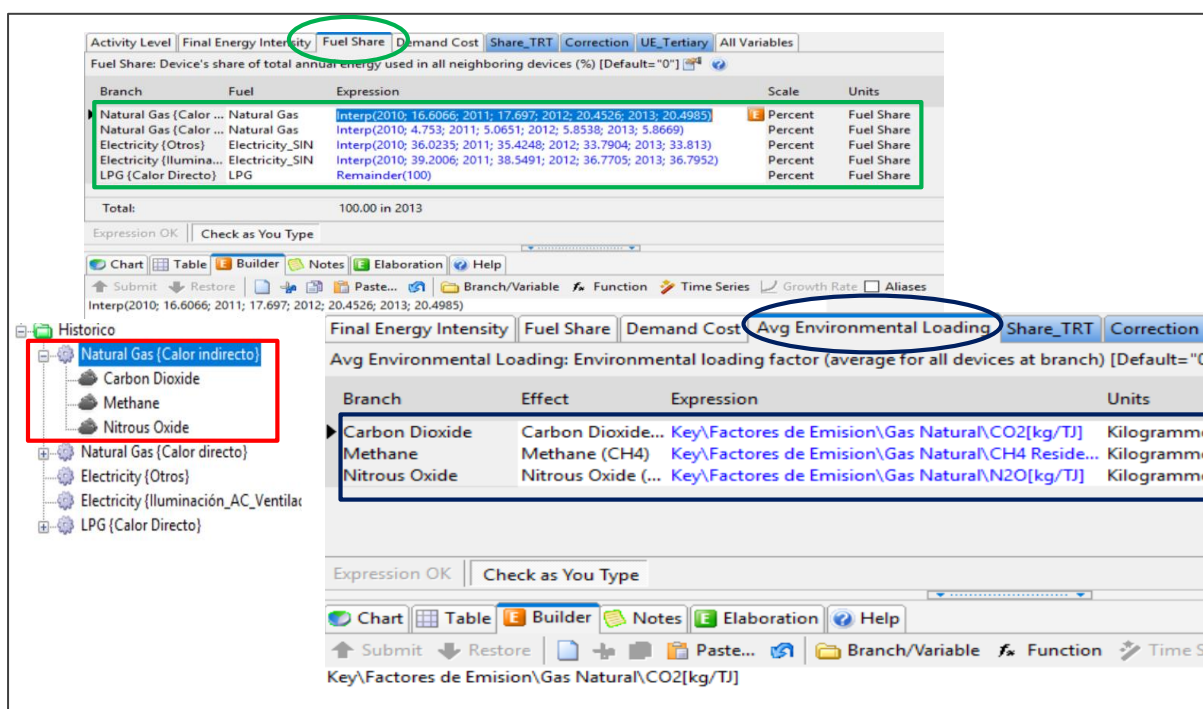


Figura 63: Explicación de datos históricos de entrada (cont.)

Si hace clic en uno de los combustibles en el cuadro izquierdo, se definen varios GEI para los combustibles fósiles y en el cuadro derecho, los factores de emisión se dan bajo el botón de “Avg Environmental Loading” que está vinculado con los “Factores de Emision” ya definido en “Key Assumption”.



## 5.5. Residencial

El nivel principal de la demanda del sector residencial es **Residencial {1A4b}**. Al hacer clic, aparecen cuatro encabezados: Urbano, Rural, Electricidad ZNI, e Historico (rectángulo rojo en la Figura 64). La demanda de energía y el procedimiento de cálculo de emisiones de GEI se describen en detalle en el informe de línea de base. La demanda de energía residencial y las emisiones de GEI asociadas se desagregan en las zonas urbanas y rurales. Hay algunos hogares que no están conectados con SIN y por lo tanto tratados bajo el sistema no interconectado ZNI. “Historico” proporciona datos históricos sobre el consumo de energía en el sector residencial para el período 2010-2013. Explicamos la demanda de energía para “Urbano” ya que el mismo procedimiento se sigue para “Rural”. Para ver la fuente de información, haga clic en la sección “Notes” en el recuadro de la derecha.

Branch	Expression	Scale	Units
Residencial {1A4b}			No data
Urbano	0	Million	Household
Rural	0	Million	Household
Electricidad ZNI			No data
Historico	Step(2010; 100; 2014; 0)	Percent	Saturation

**Notes on Branch: Demand\Residencial {1A4b}**

**Historical Data (2010-2013)**

- Final Energy consumption for the period 2010-2013 taken from the Colombian Energy Balance (BECO).
- GHG emissions associated to fuel consumption for period 2010-2013 follow a Top-Down approach. This is, Environmental Loading = Emission Factor \* Energy Consumption

**Interim period (2014 - 2018)**

- Bottom-Up model using the Energy Balance report published by UPME in 2019 (Primer balance de Energía Útil para Colombia). The balance was made for 2015 as sample year. Therefore, it is assumed that the useful energy intensity is the same for 2014.
- Three levels of efficiency are defined to capture the appliances and whitegoods current stock, as well as future improvements (switching from

Figura 64: Sector residencial en el modelo LEAP-Colombia

### 5.5.1. Áreas urbanas

Si hace clic en el nivel “Urbano” en el cuadro izquierdo, varios usos finales aparecen bajo ese nivel, Calor Directo, Calentamiento Agua, Iluminacion, Refrigeracion, Fuerza Motriz, TV y Otros (rectángulo rojo en la Figura 65).

A nivel de “Urbano”, en el cuadro izquierdo, el botón de tecla en el cuadro derecho es “Activity level”, otros botones no son relevantes. “Activity Level” (elipse roja) es proporcionar información sobre los futuros hogares urbanos, proyectado por el modelo en la sección Demografico bajo “Key Assumption” y Expresión aquí se vincula con lo que se muestra dentro del rectángulo azul cielo (Figura 65). La proporción de hogares urbanos con un uso final particular se muestra en el rectángulo azul profundo, son datos que podrían cambiarse si se dispone de mejores datos. La fuente de esos datos se muestra en Notas dentro del rectángulo de color verde.

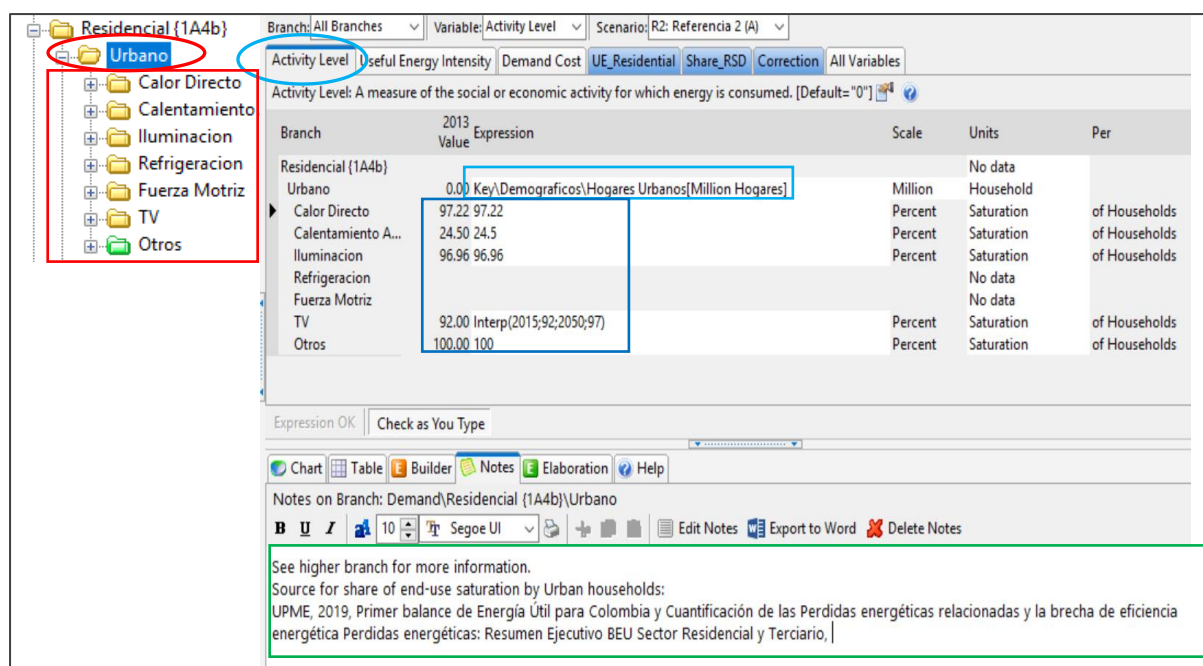


Figura 65: Información de "Activity Level" sobre el sector residencial urbano

## Calor Directo

Ahora haga clic en "Calor Directo" en la caja izquierda. Si hace clic en "Calor Directo", conjunto de combustibles utilizados para la demanda de uso final asociado a Calor Directo aparece por debajo de este nivel, incluye Electricidad\_SIN, Gas Natural, Leña etc (Figura 66). Los botones relevantes en el cuadro de la derecha son "Activity Level", "Useful Energy Intensity", "UE\_Residencial" y "Correction". El nivel de actividad incluye datos sobre la participación histórica y futura de diversos combustibles para satisfacer la demanda de Calor Directo se muestra dentro del rectángulo azul. La fuente está en la sección "Notes". Los datos se pueden cambiar/actualizar si hay mejores datos disponibles.

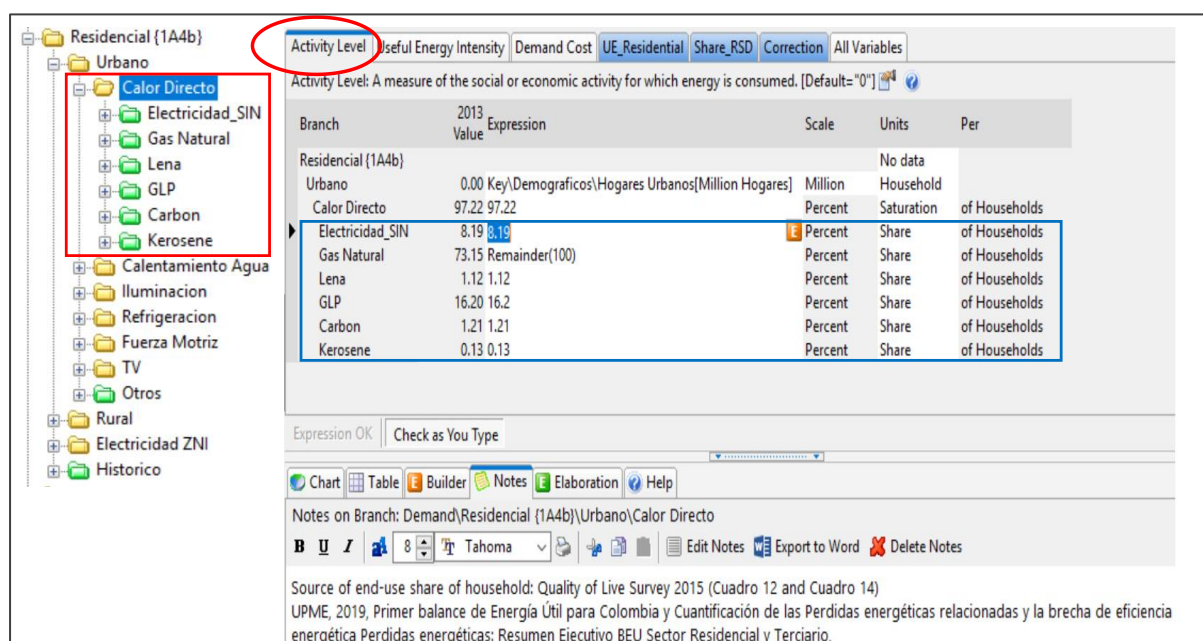


Figura 66: "Activity Level" de Calor Directo

Antes de ir al siguiente botón Useful Energy Intensity, hacemos clic en UE\_Residencial (Figura 67), una variable especificada por el usuario, que se utiliza para introducir los datos sobre la intensidad de energía útil histórica y futura mediante el uso final, incluido el uso final Calor Directo, excepto “Refrigeracion” y “Fuerza Motriz” que se tratan por separado (dentro del rectángulo azul). Intensidad de energía útil para Calor Directo es 2446 MJ/HH y la fuente se explica en la sección Notas en rectángulo de color verde. Se mantiene igual en el horizonte de modelado y estos datos se pueden cambiar/actualizar si hay mejores datos disponibles para el futuro.

Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units
Calor Directo	2,446.00	2446	1	MJ/HH
Calentamiento Agua	918.00	918		MJ/HH
Iluminacion	57.00	57		MJ/HH
Refrigeracion	0.00	0		MJ/HH
Fuerza Motriz	0.00	0		MJ/HH
TV	91.00	91		MJ/HH
Otros	294.00	294		MJ/HH

Notes on Branch: Demand\Residencial (1A4b)\Urbano\Calor Directo

Source of end-use share of household: Quality of Live Survey 2015 (Cuadro 12 and Cuadro 14)  
 UPME, 2019, Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Pérdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética  
 Pérdidas energéticas: Resumen Ejecutivo BEU Sector Residencial y Terciario,

Figura 67: Entrada de datos en “UE\_Residencial”

Ahora, si hace clic en “Useful Energy Intensity” en el cuadro de la derecha, Figura 68, vamos a centrarnos en la información dentro del rectángulo azul. Contiene el valor histórico de la intensidad energética útil para Calor Directo en los hogares urbanos, así como la expresión para el cálculo del valor futuro. La expresión muestra una fórmula, “UE\_Residencial \* Correction Factor”. UE\_Residencial proporciona datos de intensidad energética útil que ya se explican y Factor de corrección se explica en la sección “Key Assumption” que se introduce para corregir los datos históricos, por ejemplo, si la intensidad de energía útil en 2019 es 2219 MJ/HH en lugar de 2466 MJ/HH, entonces el factor de corrección es 0,9. Sin embargo, en este caso la intensidad de energía útil es siempre 2466 MJ/HH por lo que el factor de corrección siempre es 1. Si hace clic en Builder (elipse verde), luego puede ver la fórmula en rectángulo verde.

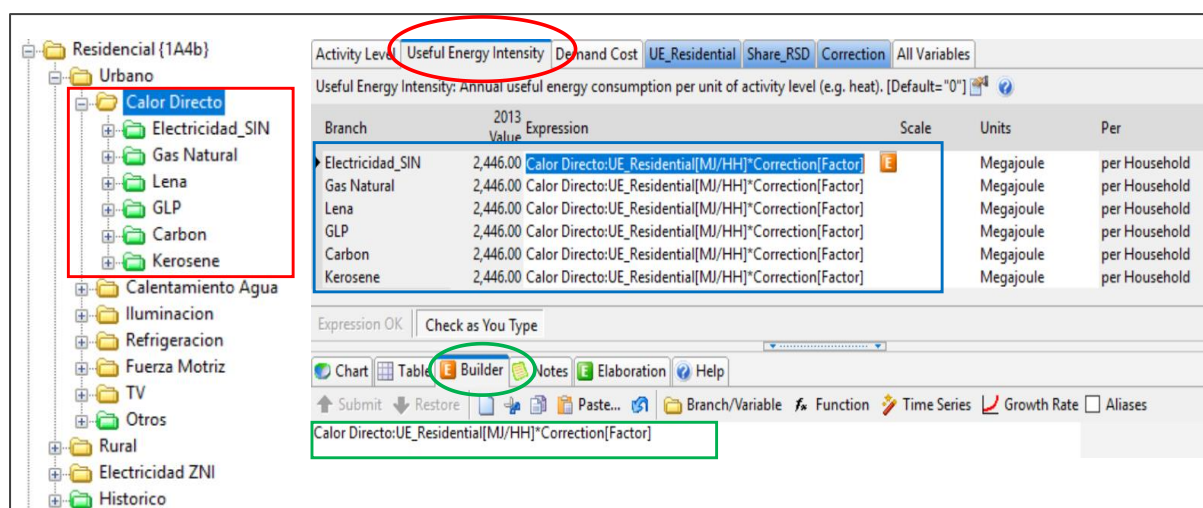


Figura 68: Representación de datos sobre "Useful Energy Intensity"

Vamos a centrarnos en los combustibles utilizados para Calor Directo que aparecen bajo el nivel de "Calor Directo" (Figura 69). Ahora bien, si se hace clic en el combustible, como Electricidad\_SIN, tres tecnologías que representan tres niveles de eficiencia diferentes aparecen (cuadro de color rojo izquierdo en la Figura 69). "Activity level" (en elipse verde) son datos sobre la parte histórica y futura de estas tres tecnologías y los datos se muestran en rectángulo de color verde. These are data and can be updated/changed. Source is same as earlier information (UPME, 2019). Cliqueando en "Efficiency" (elipse azul), se obtienen los datos sobre la eficiencia de estas tres tecnologías que se muestran en rectángulo de color azul. Estos son datos procedentes de (UPME 2019) y uno puede cambiarlos/actualizarlos. Botón Siguiente Useful Energy Intensity ya se explica y los botones restantes no se utilizan.

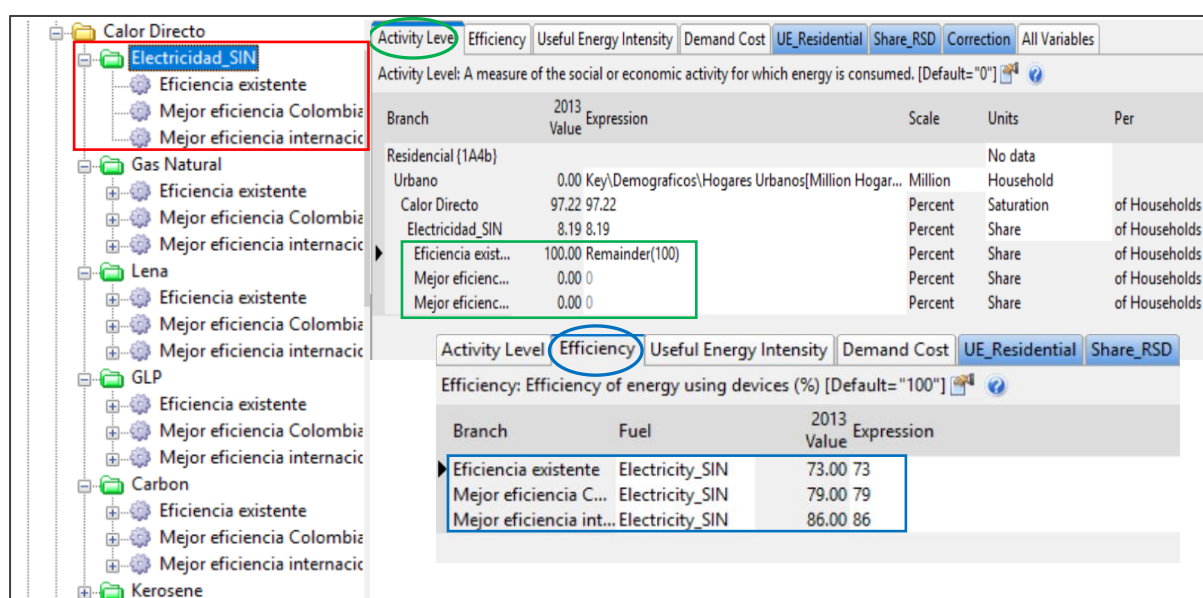


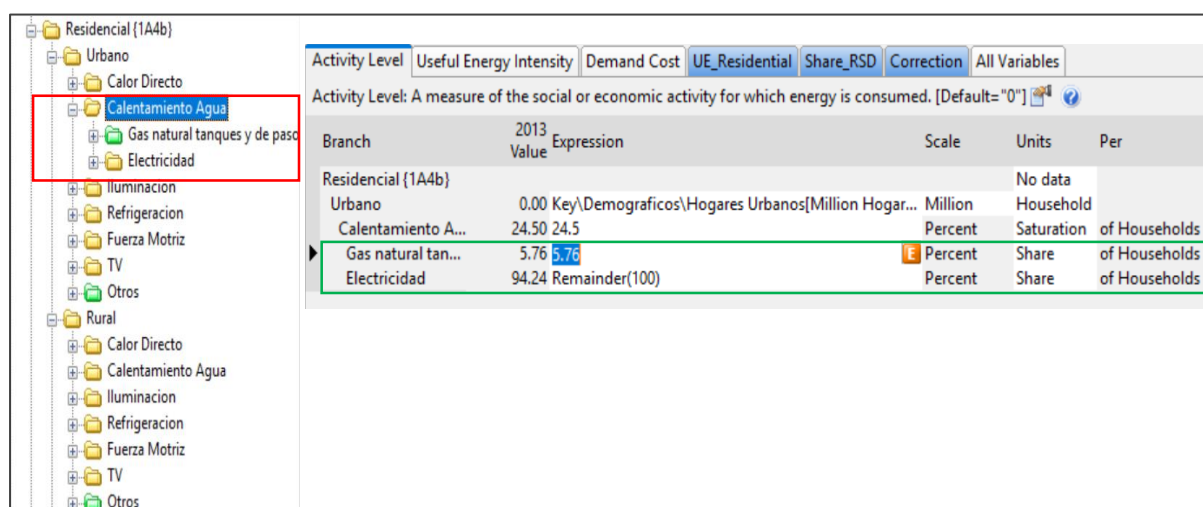
Figura 69: Explicación del uso final del modelado "Calor Directo" para el sector residencial urbano

Otros combustibles utilizados en Calor Directo como Gas Natural, Leña, GLP etc siguen las mismas descripciones.



## Calentamiento de Agua

Ahora explicamos el próximo uso final **Calentamiento Agua**. La estructura es muy similar a la de Calor Directo. Si hace clic en el uso final Calentamiento Agua (Figura 70), verá dos combustibles basados en Gas natural Tanques de paso y Electricidad utilizado para satisfacer esta demanda de uso final. En el lado derecho, los botones relevantes son "Activity Level", "Useful Energy Intensity", "UE\_Residencial", "Correction". Al hacer clic en Activity level, la información dentro del rectángulo de color verde proporciona una parte histórica y futura de los hogares que utilizan estos combustibles para satisfacer la demanda de uso final, por ejemplo, el 5,76% de los hogares utiliza gas natural para satisfacer la demanda de calefacción de agua. La fuente de información son las encuestas de estilo de vida del DANE. Debido a la falta de información se supone que el mismo recurso compartido continuará, pero si el usuario obtiene mejor información para compartir en el futuro puede actualizar las entradas. Botones restantes como Useful Energy Intensity etc tienen la misma explicación que lo hicimos para Calor Directo.



Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units	Per
Residencial (1A4b)				No data	
Urbano	0.00	Key\Demograficos\Hogares Urbanos[Million Hogar...	Million	Household	
Calentamiento A...	24.50	24.5	Percent	Saturation	of Households
Gas natural tan...	5.76	5.76	Percent	Share	of Households
Electricidad	94.24	Remainder(100)	Percent	Share	of Households

Figura 70: Explicación del uso final del modelado de "Calentamiento Agua" para el sector residencial urbano

Similar a Calor directo, cuando uno hace clic en la forma de energía en este caso "Gas natural tanques de paso", tres tecnologías con diferentes niveles de eficiencia aparecen en el lado izquierdo (Figura 71). En el lado derecho, dos botones son relevantes, "Activity Level" y "Efficiency". En Nivel de actividad, en rectángulo azul, la cuota histórica y futura de estas tecnologías en la demanda de uso final se introduce como datos, Eficiencia existente participa con el 100%, mientras que otras tecnologías no se utilizan actualmente. La fuente de esta información se muestra en rectángulo de color verde. Para el valor futuro en "Expresión", se puede cambiar si hay mejores datos disponibles. "Efficiency" botón tiene una descripción similar a la que hicimos para Calor Directo.

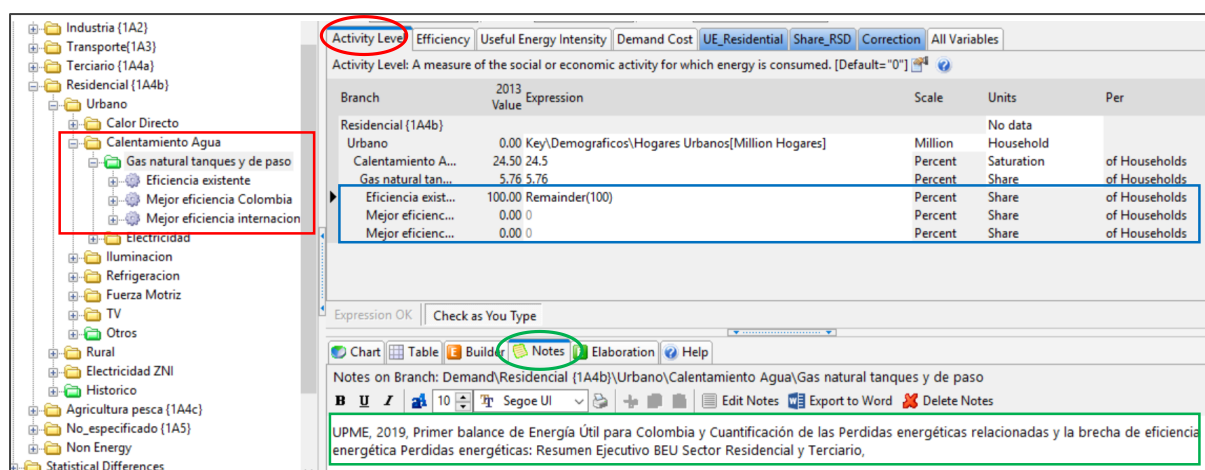


Figura 71: Explicación del uso final del modelado "Calentamiento Agua" para el sector residencial urbano (cont.)

## Illuminación

El siguiente punto es **Illuminación**. En el cuadro izquierdo del modelo, el nivel principal es **Illuminación**, por debajo de ese nivel esta **Illuminación Bombillos UE** y bajo ese nivel se definen varias tecnologías de iluminación (Figura 72). Si hace clic en el nivel superior **Illuminación** en el cuadro izquierdo, los botones de las teclas en la caja derecha son "Activity Level", "Useful Energy Intensity", "UE\_Residencial", "Correction". Otros botones "Share\_RSD" y "Demand\_Cost" no son relevantes. Explicación de Activity level y Useful Energy Intensity a este nivel es similar a otros dos usos finales explicados anteriormente. UE\_Residencial proporcionar los datos sobre "useful energy intensity" por hogares mostrados en rectángulo de color verde que se puede actualizar / cambiar. Este número se utiliza en Expresión/fórmula bajo el botón "Useful Energy Intensity" en rectángulo de color verde para la estimación futura de useful energy intensity por HH.

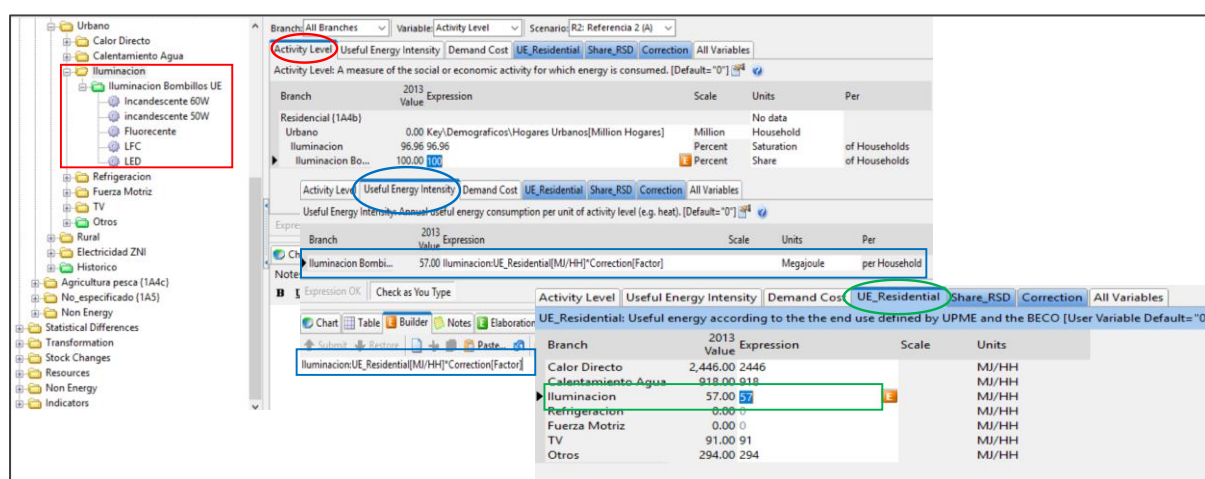


Figura 72: Explicación del uso final del modelado "Illuminación" para el sector residencial urbano

Bajo **Illuminación Bombillos UE** (en el lado izquierdo), hay tecnologías de iluminación utilizadas para la iluminación urbana HH. En el lado derecho, los botones importantes son "Activity level", "Efficiency", "Im per W", "Share\_RSD", "Correction" (Figura 73).



Datos de “Activity Level” (dentro del rectángulo azul) muestra los datos históricos y futuros sobre el porcentaje de cuota de la diferente tecnología en la iluminación de los hogares. La fuente de datos es una encuesta nacional sobre la calidad de vida. Esta mezcla puede cambiar y el usuario puede cambiarlos si hay una mezcla diferente disponible.

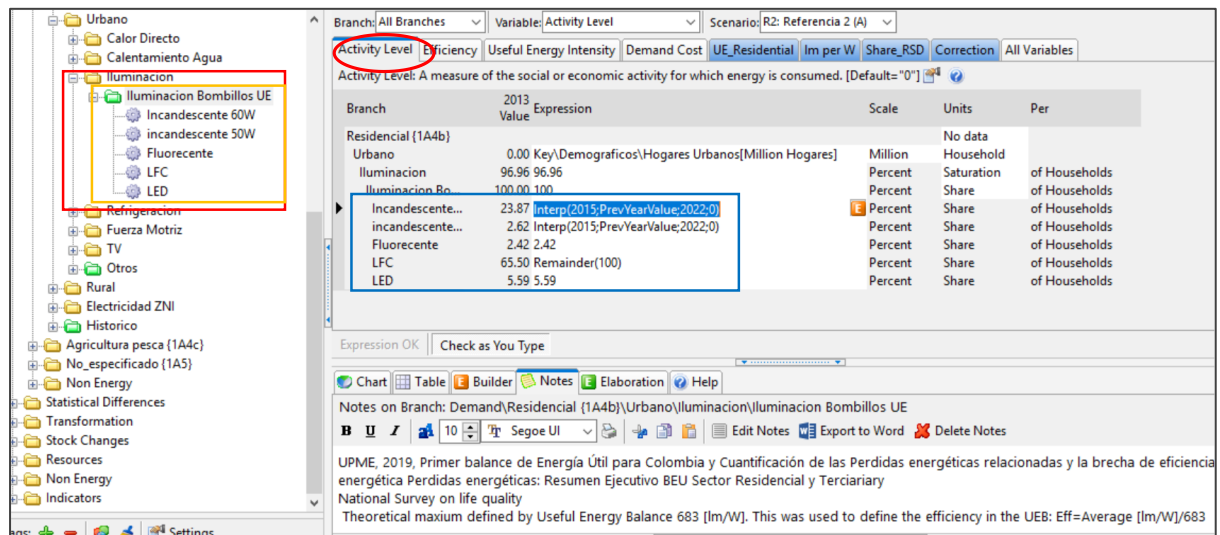


Figura 73: Explicación del modelado del uso final "Iluminación" para el sector residencial urbano

Antes de ir al siguiente botón “Efficiency”, centrarse en Im per W, una variable definida por el usuario, que tiene datos sobre lumen por vatio por tecnología de iluminación, con fuente, se menciona en la sección Notas (Figura 74) Los datos se pueden cambiar/actualizar. Del mismo modo, “Share\_RSD” también es variable definida por el usuario, utilizada para datos históricos y futuros sobre la mezcla de tecnología de iluminación que ya se introduce a través del nivel de actividad (Figura 74).

Activity Level Efficiency Demand Cost UE\_Residencial **Im per W** Share\_RSD Correction All Variables

Im per W: Lumens per W [User Variable Default="0"]

Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units
Incandescente 60W	14.00	14		lm/W
incandescente 50W	14.00	14		lm/W
Fluorecente	40.00	40		lm/W
LFC	50.00	50		lm/W
LED	80.00	80		lm/W

Expression OK Check as You Type

Chart Table Builder Notes Elaboration Help

Notes on Branch: Demand\Residencial {1A4b}\Urbano\Iluminacion\Iluminacion Bombillos UE\Incandescente 60W

**B U I** 10 Segoe UI Edit Notes Export to Word Delete Notes

Theoretical maxium defined by Useful Energy Balance 683 [lm/W]. This was used to define the efficiency in the UEB:  $\text{Eff} = \text{Average [lm/W]} / 683 \text{ [lm/W]}$   
 UPME, 2019, Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Perdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética Perdidas energéticas: Resumen Ejecutivo BEU Sector Residencial y Terciariary

Activity Level Efficiency Demand Cost UE\_Residencial Im per W **Share\_RSD** Correction All Variables

Share\_RSD: Share in level in Residential sector [User Variable Default="0"]

Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units
Incandescente 60W	23.87	Activity Level[% Share]		%
incandescente 50W	2.62	Activity Level[% Share]		%
Fluorecente	2.42	Activity Level[% Share]		%
LFC	65.50	Activity Level[% Share]		%
LED	5.59	Activity Level[% Share]		%

Expression OK Check as You Type

Chart Table Builder Notes Elaboration Help

Notes on Branch: Demand\Residencial {1A4b}\Urbano\Iluminacion\Iluminacion Bombillos UE\Incandescente 60W

**B U I** 10 Segoe UI Edit Notes Export to Word Delete Notes

Theoretical maxium defined by Useful Energy Balance 683 [lm/W]. This was used to define the efficiency in the UEB:  $\text{Eff} = \text{Average [lm/W]} / 683 \text{ [lm/W]}$   
 UPME, 2019, Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Perdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética Perdidas energéticas: Resumen Ejecutivo BEU Sector Residencial y Terciariary

Figura 74: Explicación del del modelado de "Iluminacion" para el sector residencial urbano (cont.)

El botón "Efficiency" proporciona iluminación media histórica y eficiencia futura, donde la eficiencia media futura de la iluminación se calcula por el modelo con una fórmula que se muestra en el rectángulo de color rojo (Figura 75). La fórmula utiliza datos de 'lm per w' y Share\_RSD, ya están explicados.

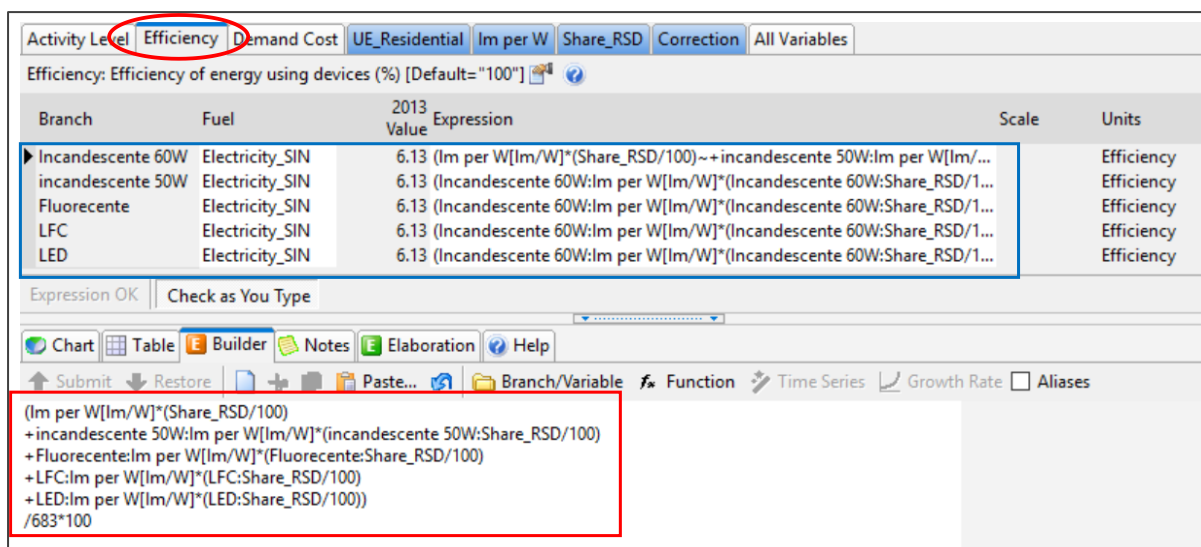


Figura 75: Explicación de la modelización "Iluminación" para el sector residencial urbano (cont.)

## Refrigeración

Se divide en dos partes Aire Condicionado y Neveras. El factor clave es el número de proyecciones de hogares urbanos definido en "Key assumption" y se puede cambiar/actualizar allí.

Si hace clic en 'Aire acondicionado' en la ventana izquierda, por debajo de ese nivel tres tipos diferentes de tecnologías de aire acondicionado (Mini Split, Pared o Ventana and Central) utilizado en hogares urbanos. En el cuadro de la derecha, si hace clic en "Activity Level", muestra, factores impulsores del aire acondicionado (número de hogares urbanos direccionados como Key Assumptions\Demigrafico), porcentaje de hogares urbanos con instalaciones de aire acondicionado y la participación de diferentes tipos de tecnologías de aire acondicionado (Figura 76). Los datos se muestran dentro del rectángulo de color azul con origen en la sección Notas y se pueden cambiar/actualizar con mejor información.

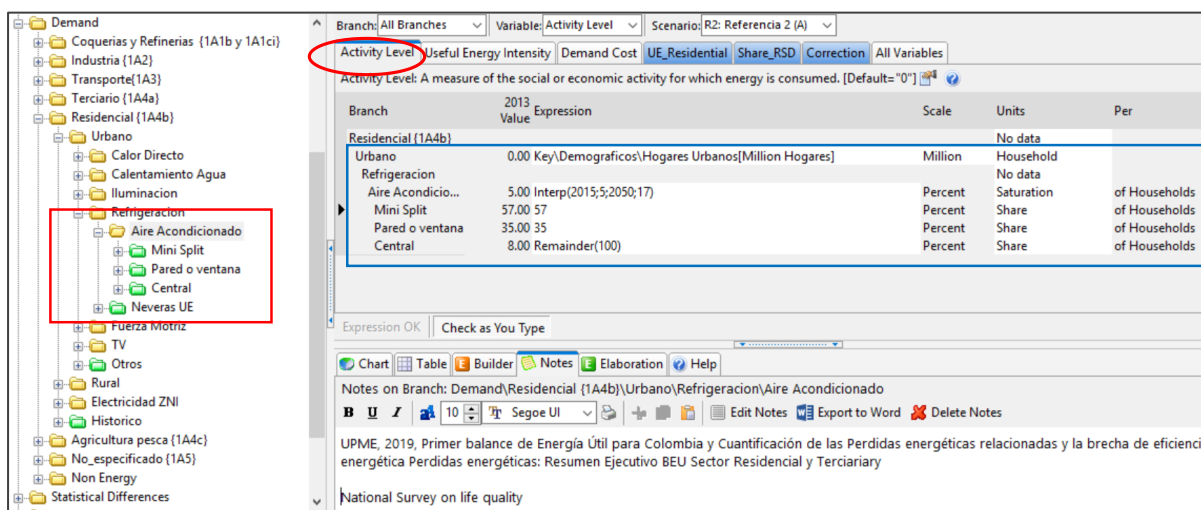


Figura 76: Explicación del modelado de "Refrigeración" para el sector residencial urbano

Otros botones relevantes son "Useful Energy Intensity", UE\_Residencial y Correction (ya explicado) (Figura 76). Antes de explicar el siguiente botón 'Useful Energy Intensity', explicamos UE\_Residencial,

una variable definida por el usuario. Al igual que otros usos finales, los datos históricos y futuros de intensidad de energía útil sobre el aire acondicionado se introducen a través de UE\_Residencial. El valor futuro de la intensidad energética útil se puede cambiar/actualizar.

“Useful Energy Intensity” proporciona los datos sobre la intensidad de energía útil histórica y la fórmula para el cálculo futuro de la intensidad energética útil que se vincula con los datos UE\_Residencial y Correction factor (explicado anteriormente) (Figura 77) y por lo tanto calculado por el modelo.

The screenshot displays the software interface for modeling 'Aire acondicionado' (Air Conditioning) for the urban residential sector. The interface is divided into several tabs: 'Activity Level', 'Useful Energy Intensity', 'Demand Cost', 'UE\_Residencial', 'Share\_RSD', 'Correction', and 'All Variables'. The 'UE\_Residencial' tab is currently active, showing a table with columns for 'Branch', '2013 Value', 'Expression', 'Scale', and 'Units'. The 'Correction' tab is also visible, showing a table with columns for 'Branch', '2013 Value', 'Expression', 'Scale', and 'Units'. The 'Builder' button is highlighted in the bottom toolbar.

Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units
Aire Acondicionado	3,599.00	3599		MJ/HH
Neveras UE	403.00	403		MJ/HH

Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units
Aire Acondicionado	1.00			Factor
Neveras UE	1.00	Key\Factores de Correcion\Residencial\Electricidad_SIN Residencial\Fac...		Factor

Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units	Per
Mini Split	3,599.00	Aire Acondicionado:UE_Residencial[MJ/HH]*Correction[Factor]		Megajoule	per Household
Pared o ventana	3,599.00	Aire Acondicionado:UE_Residencial[MJ/HH]*Correction[Factor]		Megajoule	per Household
Central	3,599.00	Aire Acondicionado:UE_Residencial[MJ/HH]*Correction[Factor]		Megajoule	per Household

The 'Builder' button is highlighted in the bottom toolbar, along with other buttons like 'Chart', 'Table', 'Notes', 'Elaboration', and 'Help'. The bottom status bar shows the expression: 'Aire Acondicionado:UE\_Residencial[MJ/HH]\*Correction[Factor]'.

Figura 77: Explicación del modelado de "Aire acondicionado" para el sector residencial urbano

El siguiente nivel se relaciona con las tecnologías de aire acondicionado, Mini split etc. Cada tecnología tiene tres niveles de eficiencia diferentes (Figura 78). Ahora, si hace clic en el siguiente nivel “Mini Split” en el cuadro izquierdo, se verá las tecnologías asociadas a Mini Split dividido en tres en función de la eficiencia. Nos ocuparemos de Mini Split como ejemplo. Si hace clic en “Activity level” en el cuadro de la derecha, se ve la proporción de Mini split basado en estos tres niveles de eficiencia, actualmente “Efficiency Existente” tiene una participación del 100%. Estos son datos de la fuente que se muestra en la sección “Notes” y se puede cambiar/actualizar. Si hace clic en el siguiente botón “Efficiency”, se verá el valor de eficiencia con los mismos valores se supone que continuará en el futuro y estos valores se pueden cambiar si hay nueva información disponible.

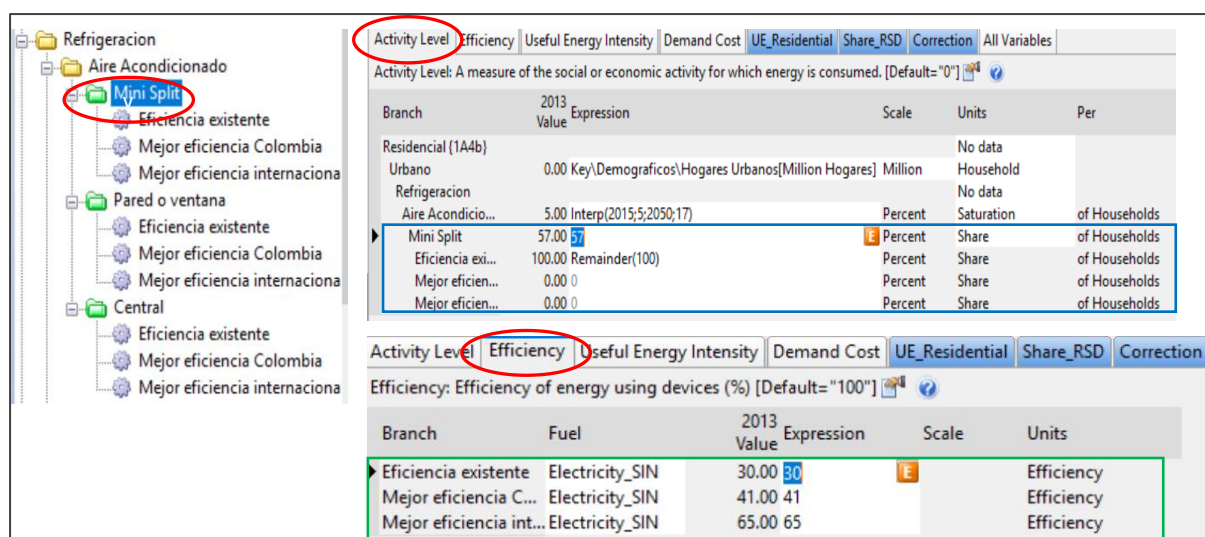


Figura 78: Explicación del modelado de "Aire acondicionado" para el sector residencial urbano (cont.)

## Neveras UE

La explicación es similar a la explicada para aire acondicionado.

## Fuerza Motriz

Fuerza Motriz tiene dos componentes, Lavadora y Ventiladores. Si hace clic en Fuerza Motriz a la izquierda, luego en el cuadro de la derecha, sólo el botón "Activity level", importa.

Los datos se muestran dentro del rectángulo azul, el factor clave que es el futuro de los hogares urbanos definidos en "Key Assumption" (Figura 79). Además, hay datos sobre el porcentaje histórico y futuro sobre la proporción de hogares con Lavadora y Ventiladores. Los valores futuros son datos que los usuarios pueden cambiar/actualizar.

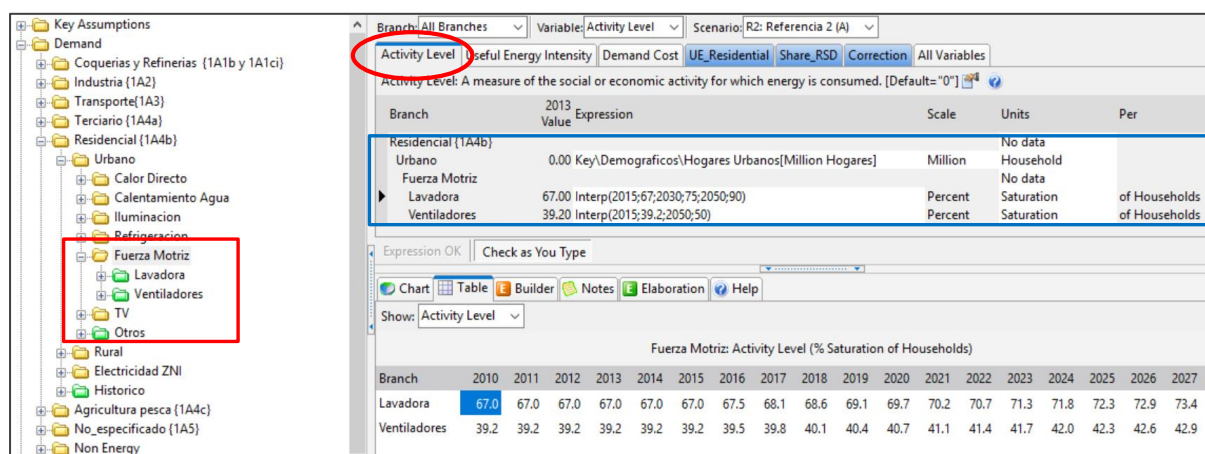


Figura 79: Explicación del modelado de "Fuerza Motriz" para el sector residencial urbano

Si hace clic en el siguiente nivel en el cuadro izquierdo, "Lavadora", tres niveles de eficiencia diferentes representan tres tecnologías de máquinas de lavado diferentes (Figura 80). En el cuadro de la derecha, "Activity Level" representa los datos sobre la participación histórica y futura(%) hogares con lavadora de tres niveles de eficiencia diferentes (dentro del rectángulo azul). Los datos están dentro del



rectángulo azul que se puede cambiar si hay mejores datos disponibles. El siguiente botón es “Efficiency” elipse verde, los datos en rectángulo verde proporcionan la eficiencia de estos tres niveles de eficiencia diferentes que podrían actualizarse. El siguiente botón es “Useful Energy Intensity” que utiliza una fórmula para calcular la intensidad energética útil utilizando la entrada de datos en “UE\_Residencial” y “Correction factor”. El modelo utiliza la fórmula para calcular la intensidad energética útil futura y no se puede cambiar. UE\_Residencial presenta los datos (rectángulo negro) sobre la intensidad de energía útil para la máquina de lavado que se puede cambiar / actualizar si hay mejores datos disponibles.

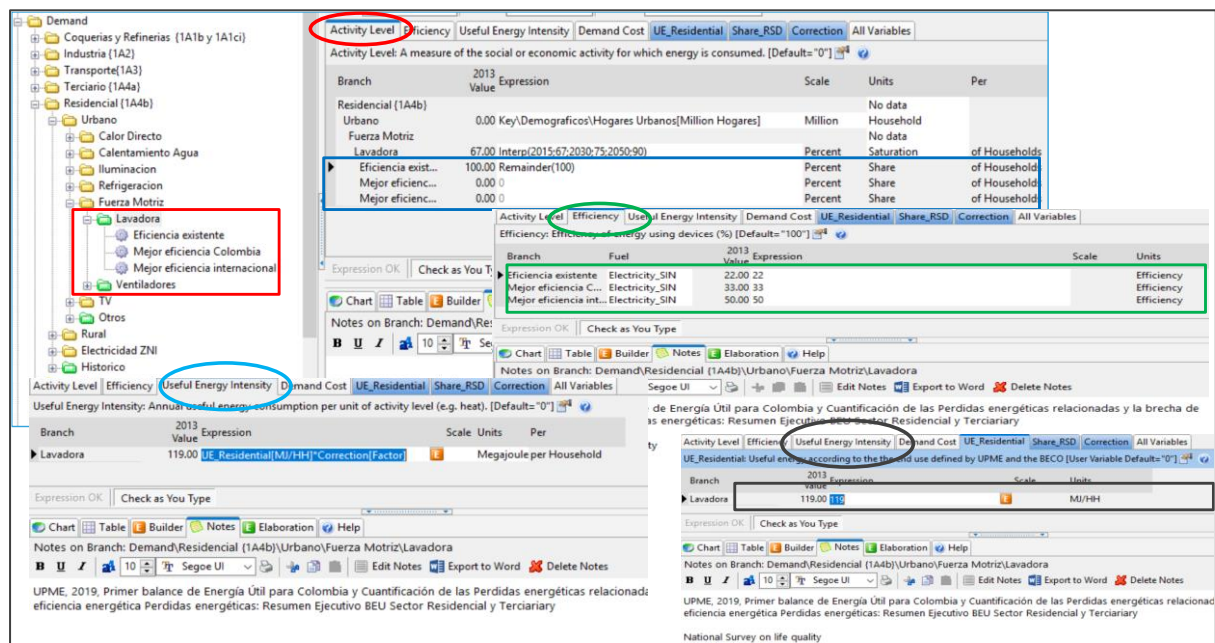


Figura 80: Explicación del modelado de "Lavadora" para el sector residencial urbano

## Ventiladores

Tiene una explicación similar a La Lavadora.

## TV

Si hace clic en nivel **TV** a la izquierda, hay dos tecnologías para la televisión, Convencional CRT y LED LCD. En “Activity level” en el lado derecho, hay datos sobre el porcentaje de participación de los hogares con este televisor de uso final, porcentaje de cuota de hogares con cada tecnología (dentro del rectángulo azul), esos datos se pueden cambiar actualizados (Figura 81).

El siguiente botón es “Useful Energy Intensity” que utiliza una fórmula para calcular la intensidad energética útil utilizando datos de entrada de UE\_Residencial y Correction factor. UE\_Residencial (Elipse negra) presenta los datos (rectángulo negro) sobre la intensidad de energía útil para la televisión que se puede cambiar / actualizar si hay mejores datos disponibles. Otros botones no son relevantes.



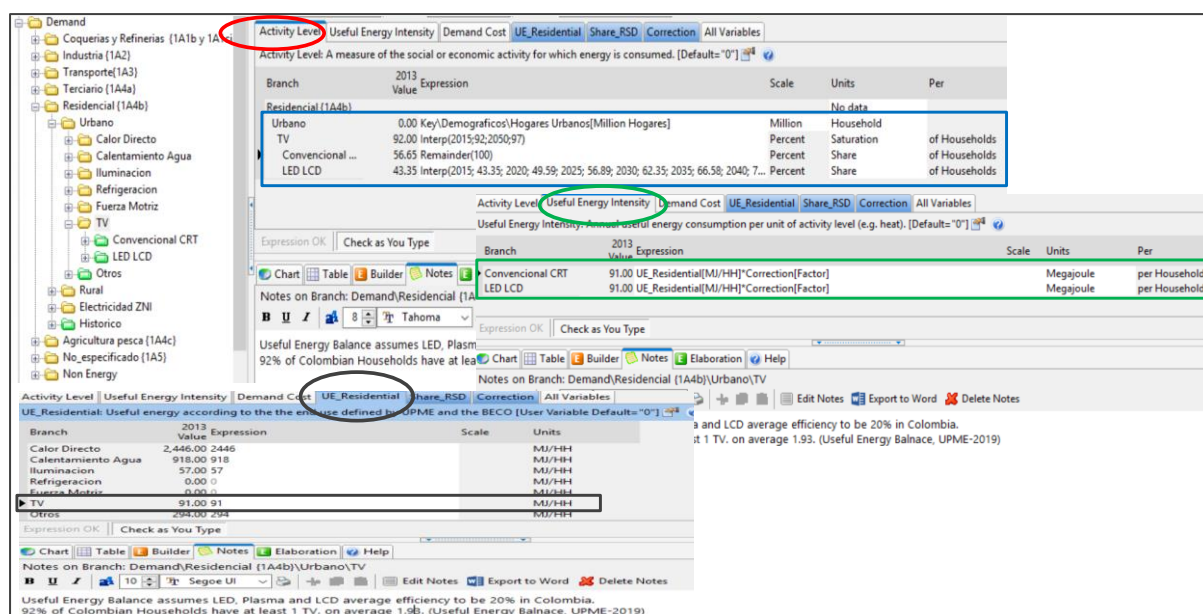


Figura 81: Explicación del modelado de "Television" para el sector residencial urbano

Si hace clic en el siguiente nivel, "Convencional CRT", muestra tres tecnologías en CRT basadas en diferentes niveles de eficiencia, "Eficiencia existente y así sucesivamente (Figura 82). En la caja derecha, Activity level es importante que proporcione datos sobre la participación porcentual histórica y futura de estas tres tecnologías basadas en la eficiencia en el total de hogares urbanos (rectángulo azul interior). El usuario puede cambiar los valores si hay mejor información disponible. El siguiente botón importante es "Efficiency", que proporciona datos sobre la eficiencia de estas tres tecnologías y de nuevo el usuario puede actualizarlas. Los botones restantes no son relevantes. LED LCD puede explicarse de la misma manera que el CRT Convencional.

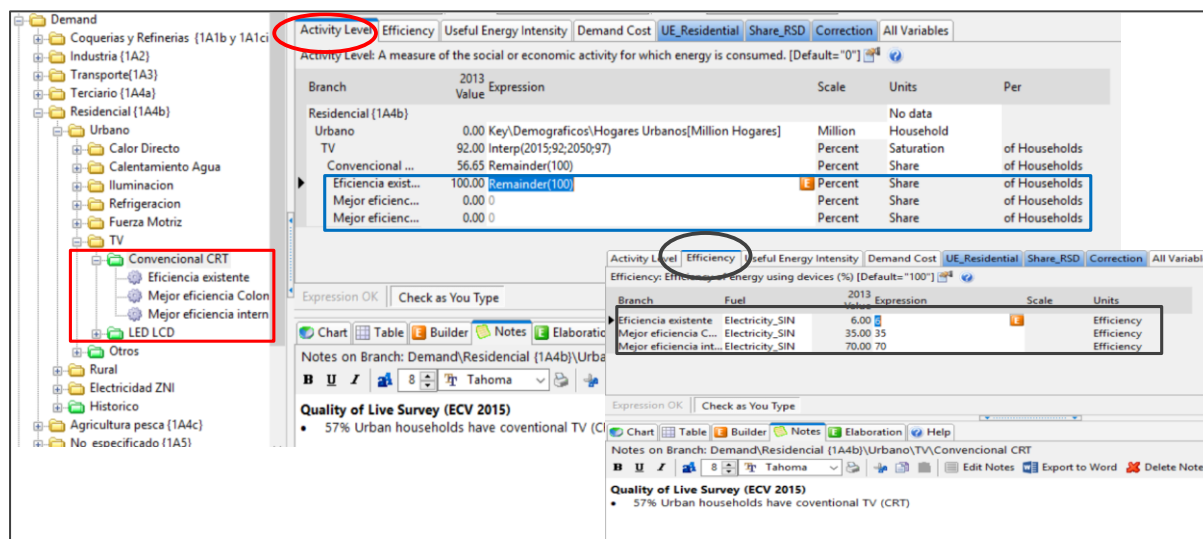


Figura 82: Explicación del modelado "Television" para el sector residencial urbano (cont.)

## Otros

Otros incluyen otros aparatos como micro horno, tostadora, secador de pelo, computadora, impresora, etc. no abarcados anteriormente. Los botones activos son "Activity level", "Efficiency",

“Useful Energy Intensity”, “UE\_Residencial”, otros botones pueden ser ignorados (Figura 83). Las pantallas debajo de estos botones y datos tienen descripciones muy similares a las explicadas anteriormente.

The screenshot shows the software interface for modeling energy demand. On the left is a tree view of the model structure. The main area displays several tables and buttons. Red circles highlight the 'Activity Level' button, the 'Efficiency' button, and the 'Useful Energy Intensity' button.

Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units	Per
Residencial (1A4b)				No data	
Urbano	0.00	Key\Demograficos\Hogares Urbanos[Million Hogares]	Million	Household	
Otros	100.00	100	Percent	Saturation	of Households
All others	100.00	Remainder(100)	Percent	Share	of Households

Branch	Fuel	2013 Value	Expression
All others	Electricity_SIN	57.83	57.83

Branch	2013 Value	Expression
Otros	294.00	UE_Residencial[MJ/HH]*Correction[Factor]

Figura 83: Explicación del modelado de "Otros" para el sector residencial urbano

### 5.5.2. Rural

La descripción de la demanda rural es similar a la demanda urbana.

### 5.5.3. Zonas no interconectadas (ZNI)

La demanda de electricidad en zonas no interconectadas se modela para los sectores residencial (rural y remoto), terciario e industrial. Estos tres sectores se definen bajo el nivel de Electricidad ZNI (Figura 84) Si hace clic en “Residencial ZNI”, entonces “electricidad\_ZNI” figura debajo de ella y la demanda que se estima. Para la estimación de la demanda, sólo el botón “Final Energy Intensity” en la ventana derecha es importante y al hacer clic en ella, aparte de los datos históricos para el período 2010-13, la demanda futura se calcula con una fórmula que relaciona la demanda de Electricidad\_ZNI en el sector residencial rural con el crecimiento de las viviendas rurales definido en demografía bajo las suposiciones clave. Es el usuario quiere cambiar la demanda que necesita para cambiar los datos de las casas rurales bajo demografía. Otras claves no son relevantes.

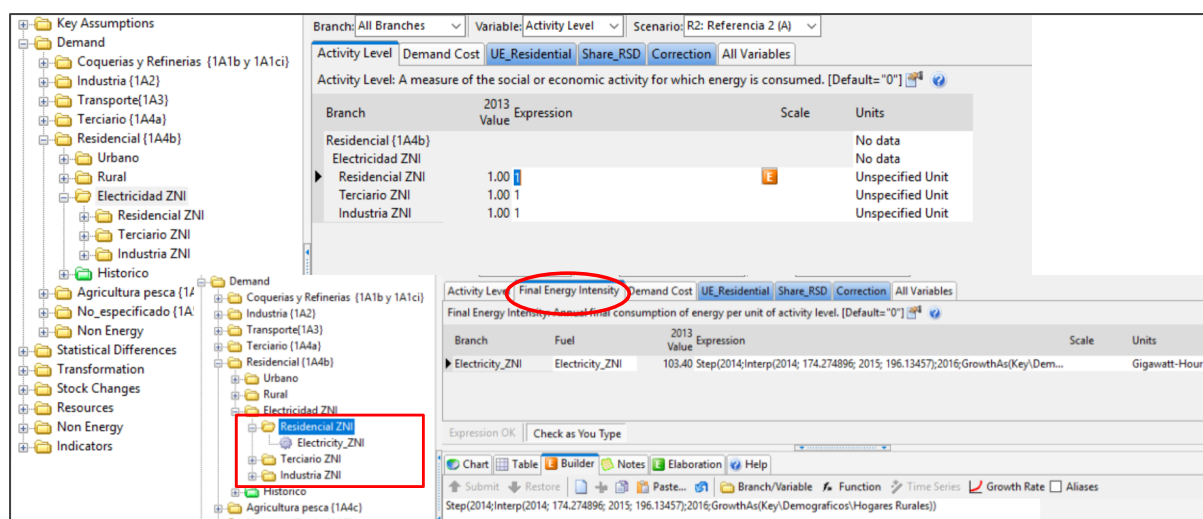


Figura 84: Modelado de zonas no interconectadas

La explicación de la modelación de la demanda de Electricidad\_ZNI de los otros dos sectores, terciario e industria es la misma.

### 5.5.4. Histórico

Datos históricos (2010-2013) sobre el consumo de combustible por uso final (carbón (calor directo), gas natural (Calor Directo y Calor indirecto) and so on) en el sector residencial se almacena aquí. El consumo total de energía en este sector (suma de todos los combustibles) para dicho período se almacena en “Final Energy Intensity” (Figura 85). Si hace clic en “Fuel share” se obtiene la parte de cada combustible en el consumo total de energía por uso final. Estos son datos históricos y no hay necesidad de cambiar.

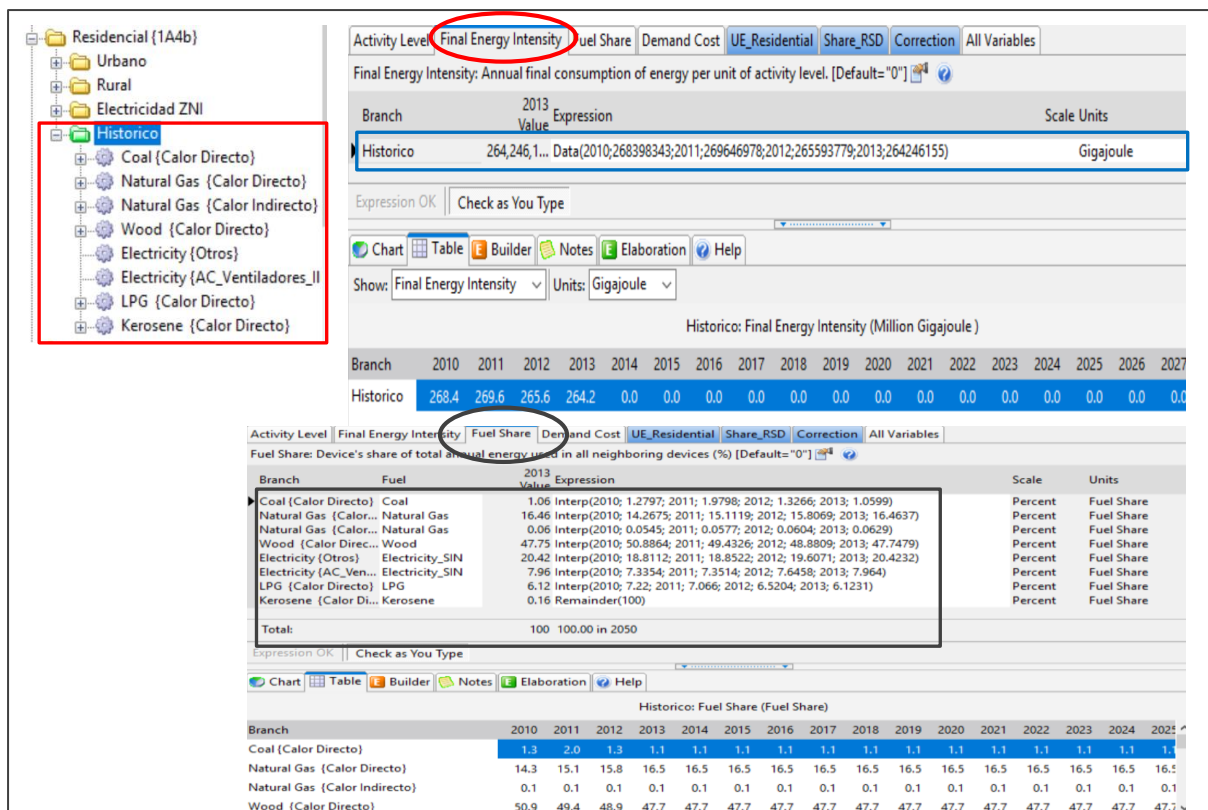


Figura 85: Representación de datos históricos (sector residencial)

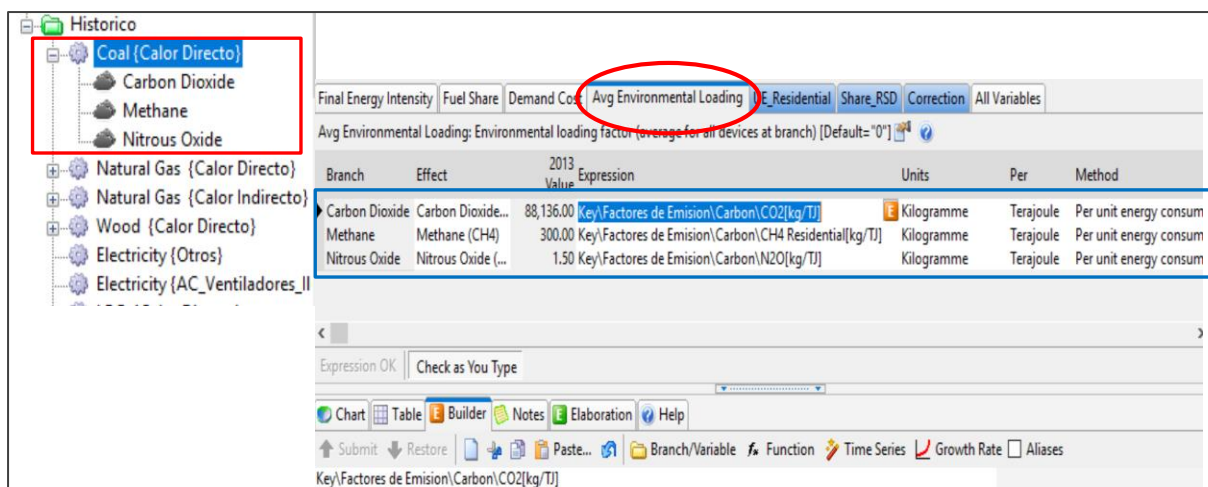


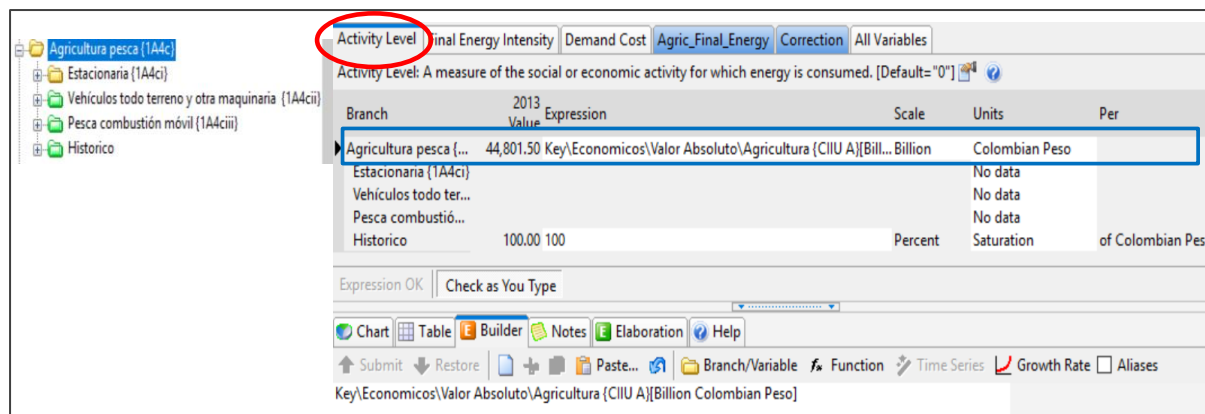
Figura 86: Representación de datos históricos para el sector residencial (cont).

Si hace clic en uno de los nombres de combustible, por ejemplo, Carbón (Calor Directo) en el lado izquierdo, hay tres GEI definidos debajo de él (Figura 86). Si hace clic en "Avg Environmental Loading", El factor de emisiones a estos GEI se definen allí (rectángulo azul) y están vinculados a la lista de factores de emisiones para diversos combustibles definidos bajo Supuestos clave como "Factores de Emision".

## 5.6. Agricultura

Los “drivers” principales para “Agricultura Pesca” son definidos en “Activity level” (Economicos\Valor Absoluto) (Figura 87). Cualquier cambio allí afectará el consumo de energía en el sector “Agricultura Pesca” y se puede hacer allí.

Tiene cuatro subniveles, “Estacionaria”, “Vehículos todo terreno y otra maquinaria”, “Pesca combustión móvil”, e “Histórico”. Sin embargo, después de consultar con UPME, el consumo de combustible para “Pesca combustión móvil” se ha incluido en “Vehículos todo terreno y otra maquinaria”. Así que, por favor, ignorar “Pesca combustión móvil”. Explicaremos los dos primeros puntos.



Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units	Per
Agricultura pesca { ...	44,801.50	Key\Economicos\Valor Absoluto\Agricultura (CIU A)[Bill... Billion		Colombian Peso	
Estacionaria {1A4ci}				No data	
Vehículos todo ter...				No data	
Pesca combustió...				No data	
Historico	100.00	100	Percent	Saturation	of Colombian Pes...

Figura 87: Explicación de la modelación de uso energético en el sector agrícola

### 5.6.1. Estacionaria

Si hace clic en el botón “Estacionaria”, este tiene dos componentes, Energía Térmica and Energía Eléctrica. Al dar clic en **Energía Térmica** (dentro del rectángulo rojo en la Figura 87), dos combustibles Gas natural y leña aparecen por debajo de este nivel que se utilizan para satisfacer la energía térmica. En el lado derecho de la Figura 87 dos botones son relevantes, “Final Energy Intensity”, “Fuel Share”. “Fuel Share” tiene los datos sobre la participación porcentual futura de estos dos combustibles Gas natural y madera, que podrían cambiarse si se disponen mejores datos para el futuro. “Final Energy Intensity” define una fórmula para calcular la intensidad energética final futura para la demanda de energía estacionaria. Aplica un factor de corrección (definido en “Reducción Intensidad Energética” en suposiciones clave – Key assumption) sobre la intensidad energética final del año 2017. Actualmente, el factor de corrección es cero, sin embargo, se puede cambiar para reflejar las futuras medidas de conservación de la energía.



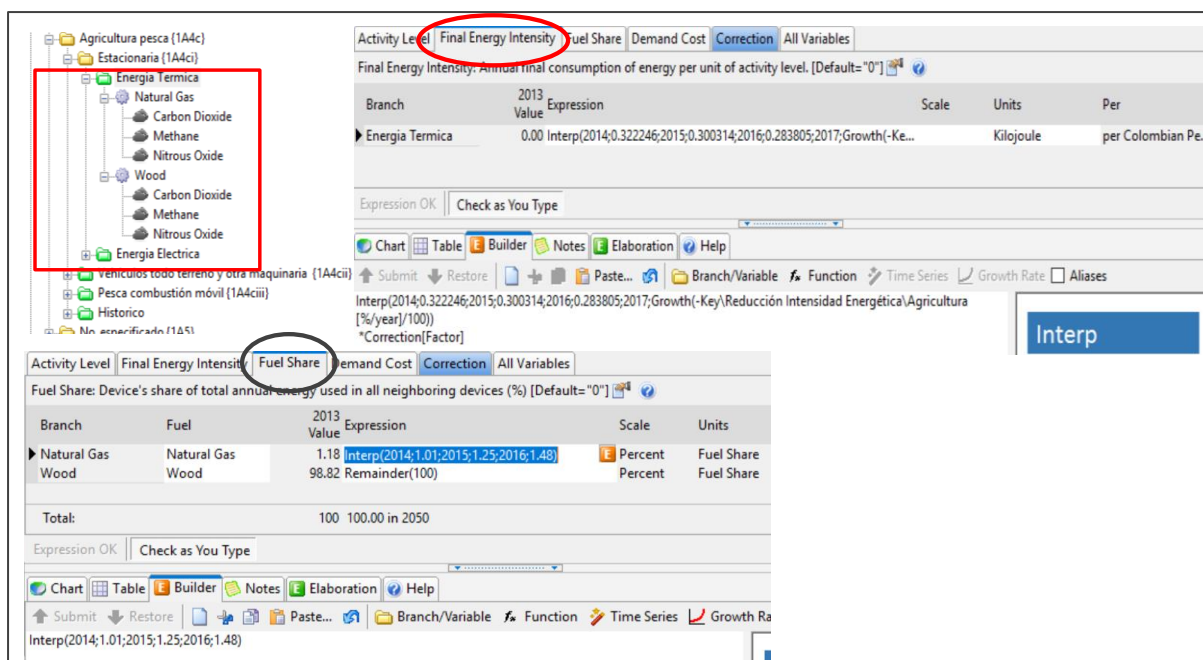


Figura 88: Explicación del modelado del uso estacionario de la energía en el sector agrícola

Cada combustible Gas natural y Madera tiene GEI definidos bajo el combustible (Figura 87). El Botón de la figura en mención “Avg Environmental Loading” en el cuadro de la derecha define el factor de emisiones vinculado con el factor de emisiones por combustible definido en “Key Assumptions”. Por lo tanto, cualquier dato sobre el factor de emisiones debe cambiarse en las suposiciones Clave “Factores de Emision”.

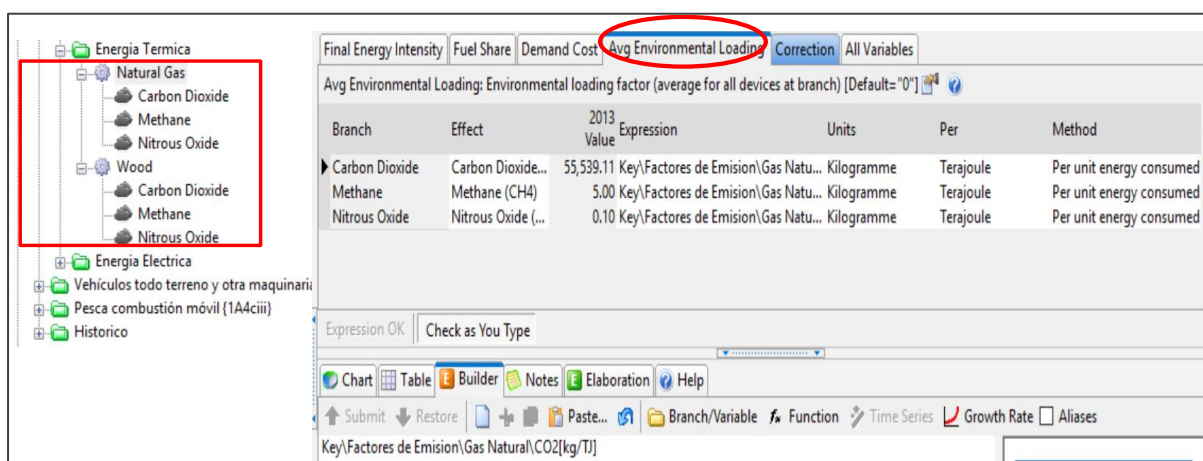


Figura 89: Explicación del modelado del uso de la energía térmica en el sector agrícola

El siguiente nivel es “Energía Electrica”, bajo ese combustible “Electricity” se muestra en el cuadro izquierdo (Figura 89). En el cuadro de la derecha, el botón relevante es “Final Energy Intensity”, cuya explicación es la misma que en Energía Térmica.

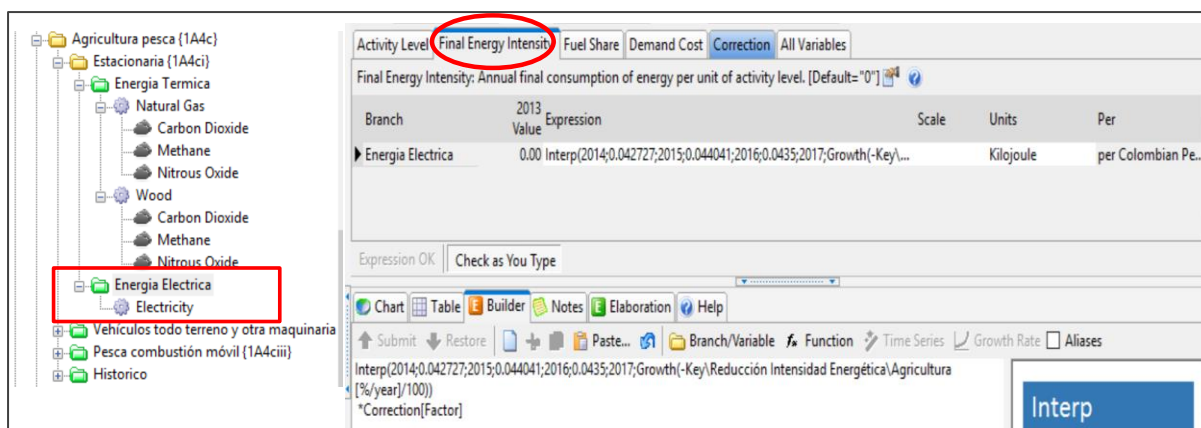


Figura 90: Explicación del modelado del uso de la electricidad en el sector agrícola

### 5.6.2. Vehículos todo terreno y otra maquinaria

El siguiente uso final es “Vehículos todo terreno y otra maquinaria”, hay combustibles bajo este nivel utilizados para satisfacer la demanda de este uso final, gas natural, diesel Bx etc., (dentro del rectángulo rojo en la Figura 90). ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. Tres botones relevantes son “Final Energy Intensity”, “Fuel Share” y “Fuel Share”. “Fuel Share” tiene datos sobre la futura mezcla de combustible que se puede cambiar si se dispone de mejores datos para la futura mezcla de combustible. “Final Energy Intensity” presenta la misma explicación que la anterior.

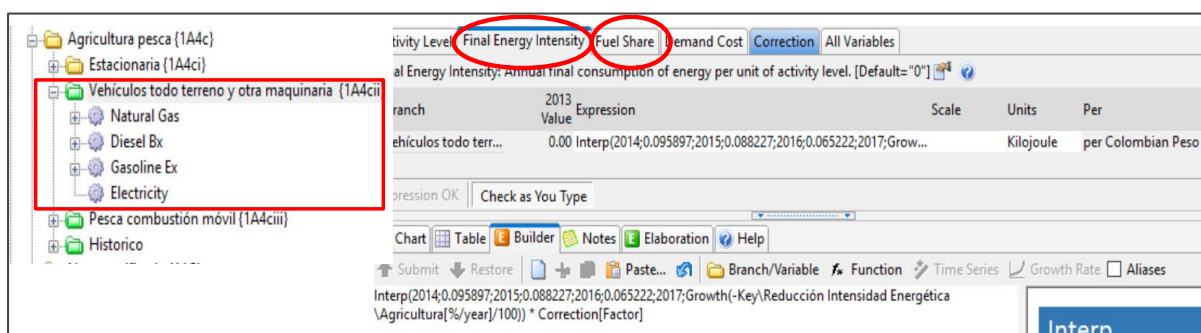


Figura 91: Explicación del modelado del uso de la energía para la movilidad en el sector agrícola

Además, todos los combustibles fósiles utilizados en este uso final se definen con GEI (lado izquierdo, Figura 91). ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. Los factores de emisión se definen con el botón “Avg Environmental Loading” con la misma explicación que antes.

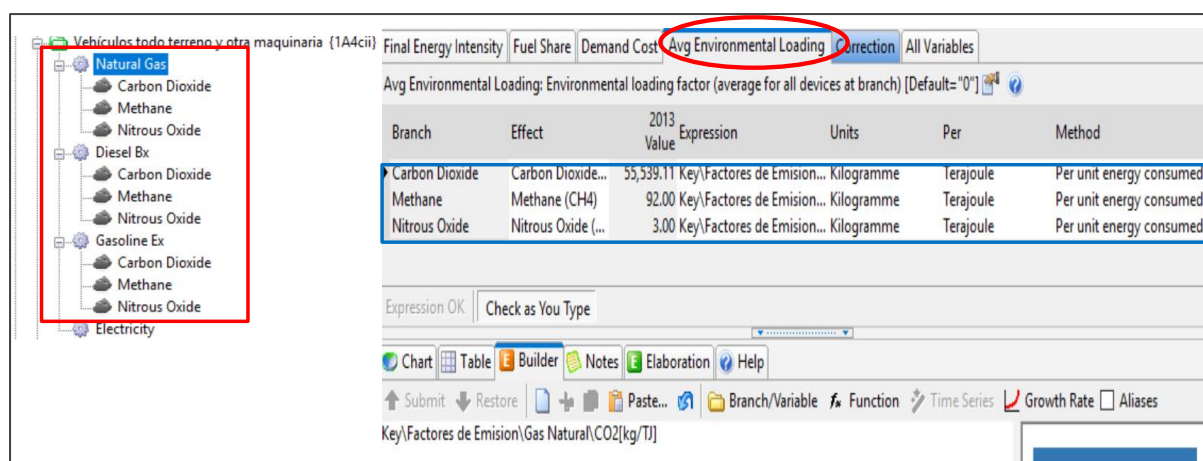


Figura 92: Explicación del modelado del uso de la energía para la movilidad en el sector agrícola (cont.)

### 5.6.3. Histórico

El último punto de este sector es “Historico” que proporciona datos históricos sobre el consumo de combustible en este sector para el período 2010-2013 “Current Account”. Los combustibles se definen bajo este nivel “Historico” junto con los GEI de los combustibles fósiles (Figura 92). Si hace clic en cualquier combustible fósil, por ejemplo. “Natural Gas”, factor de emisiones aparece debajo del botón “Avg Environmental Loading” que está relacionado con el Factor de Emisiones definido en “Key Assumption”. Los botones relevantes son “Activity Level”, “Final Energy Intensity” y “Fuel Share”. “Activity Level” brindando datos históricos sobre el valor añadido en este sector, vinculando con datos en Key Assumption\Economicos\Valor Absoluto\Agricultura (no se muestra en la Figura 92). “Final Energy Intensity” proporciona el valor histórico de Intensidad de Energía Final (para el cálculo, consulte el informe del escenario de referencia). “Fuel Share” tiene los datos históricos sobre la proporción de estos combustibles en el consumo total de energía.

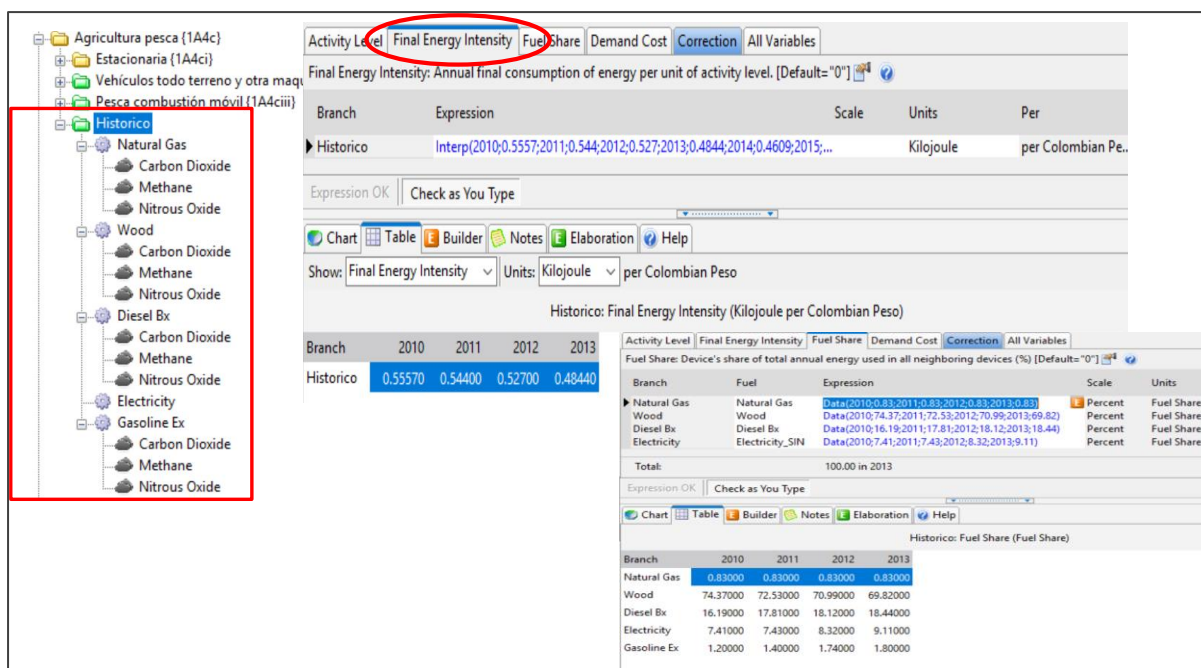


Figura 93: Representación de los datos históricos sobre el consumo de energía en el sector agrícola

## 5.7. Uso de energía no especificado

Esto incluye el uso de energía no identificada en el BECO. Si hace clic en No\_especificado en el cuadro izquierdo, luego el siguiente nivel "Todos los Combustibles" aparece (Figura 93). Los botones relevantes en el cuadro de la derecha son "Activity Level", "Final Energy Intensity" y "Fuel Share". "Activity Level" PIB (histórico y futuro) está enlazado en Key assumption\Economicos. "Final Energy Intensity" proporciona datos sobre la intensidad de la energía final (para el cálculo, consulte el informe de referencia), y se puede cambiar. "Fuel Share", tiene datos sobre la proporción histórica y futura de diferentes combustibles. El valor de las proporciones futuras se puede cambiar si se dispone de mejores datos.

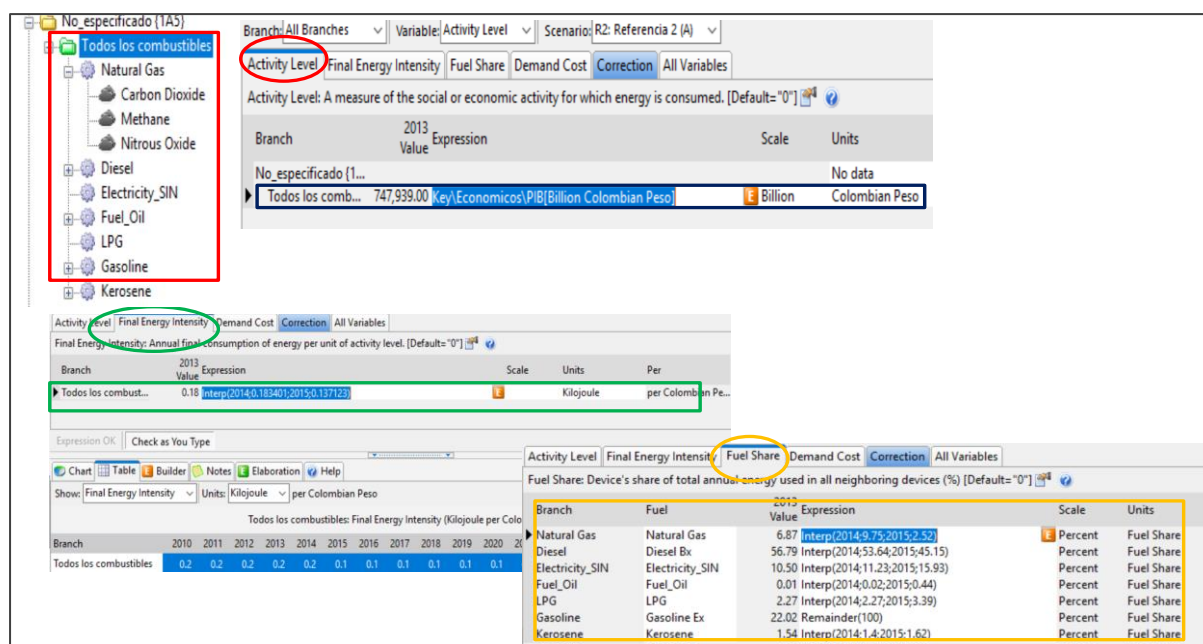


Figura 94: Representación del uso de energía no especificado

El siguiente nivel de "Todos los Combustibles", son todos los combustibles definidos en esta categoría. Para los combustibles fósiles, se definen los GEI. El botón relevante es "Avg Environmental Loading" para los factores de emisión, sin embargo, los valores son cero ya que el Ministerio piensa que las emisiones no son relevantes para Colombia (Figura 94).



Final Energy Intensity	Fuel Share	Demand Cost	Avg Environmental Loading	Correction	All Variables	
Avg Environmental Loading: Environmental loading factor (average for all devices at branch) [Default="0"]						
Branch	Effect	2013 Value	Expression	Units	Per	Method
Carbon Dioxide	Carbon Dioxide...	0.00	0	Kilogramme	Terajoule	Per unit energy consumed
Methane	Methane (CH4)	0.00	0	Kilogramme	Terajoule	Per unit energy consumed
Nitrous Oxide	Nitrous Oxide (...)	0.00	0	Kilogramme	Terajoule	Per unit energy consumed

Figura 95: Representación del uso de energía no especificado (cont.)

## 5.8. No Energético

Este incluye "Non energy" usado en el BECO, muy similar a "No\_Espificado" (1A5). Si hace clic en "Non Energy" en el cuadro izquierdo, luego el siguiente nivel "Todos los Combustibles" aparece. En este nivel, los combustibles usados para "Non Energy" aparecen. Los botones relevantes en el cuadro de la derecha son "Activity Level", "Final Energy Intensity" y "Fuel Share". "Activity Level" PIB, histórico y futuro, y el PIB futuro está en Key assumption\Economicos. "Final Energy Intensity" proporciona datos sobre la intensidad de la energía final (para el cálculo, consulte el informe de referencia), que se pueden cambiar. "Fuel Share", tiene datos sobre la proporción histórica y futura de diferentes combustibles y el valor de las participaciones futuras se puede cambiar si se dispone de mejores datos.

## 6. Transformación

Como la mayoría de los módulos de transformación, la información de entrada no es tan abundante como en los sectores de demanda, puesto que estos módulos responden a las variaciones en demanda teniendo en cuenta la capacidad disponible, la eficiencia y la participación de los procesos, los objetivos de importaciones y exportaciones, y en algunos casos otros parámetros que detallan en mayor medida el módulo, como son costos (costo de capital, O&M) y factor de disponibilidad.

### 6.1. Generación de Electricidad

Entre los componentes fundamentales para la modelación del sistema eléctrico se destacan: el método de despacho para la operación del sistema, la capacidad instalada, la eficiencia en el uso de combustible, los valores históricos de generación, y la caracterización de las curvas de demanda y de operación de las tecnologías.

Dentro de módulo de generación eléctrica, se encuentran las pestañas de caracterización del sistema. En la pestaña de regla de despacho, en la Figura 95, se seleccón la opción que mejor se ajuste a la calidad de los datos que permitan caracterizar la operación del sistema. En este caso, para la modelación del SIN, se seleccón un despacho considerando una regla de costo, es decir, considerando

no solo la capacidad de operación, sino también los costos fijo y variables de operación. De esta forma, LEAP hace un despacho en orden de mérito que además considera los costos de despacho de los recursos.

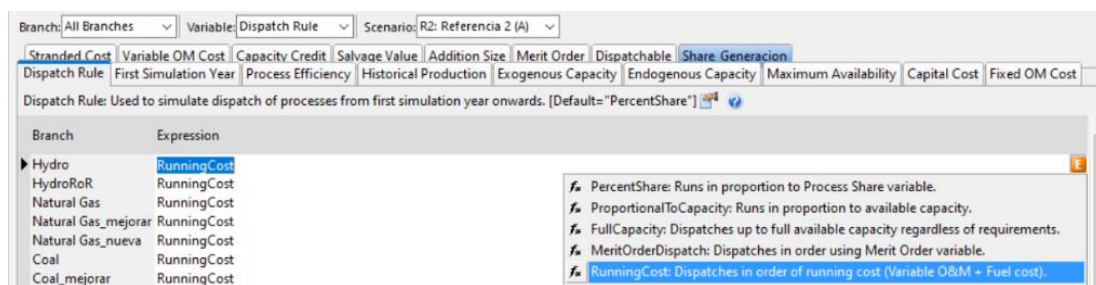


Figura 96: Método de despacho para plantas de generación de electricidad

Como se muestra en la Figura 96, para definir la eficiencia en la transformación del combustible se utiliza la pestaña de eficiencia en el proceso. Aquí, se adicionan los valores típicos, históricos y teóricos de la eficiencia de las plantas térmicas para convertir el combustible en electricidad. Estos datos son de especial cuidado ya que deben reflejar las características de la tecnología actualmente instalada, y además tienen un fuerte impacto sobre el consumo final de combustible y por lo tanto de las emisiones.

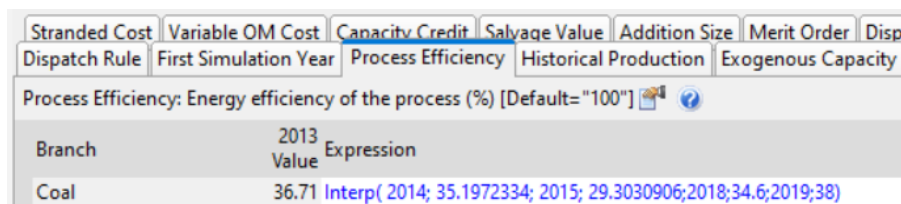


Figura 97: Eficiencia de uso de combustible en las plantas de generación

Para el proceso de calibración del modelo con los datos histórico, en la pestaña de producción histórica, como se muestra en la Figura 96, se describe para cada uno de los recursos que participan en la operación del SIN los valores reales históricos de energía generada. Esto permite replicar para los años anteriores al año base la operación real del sistema.

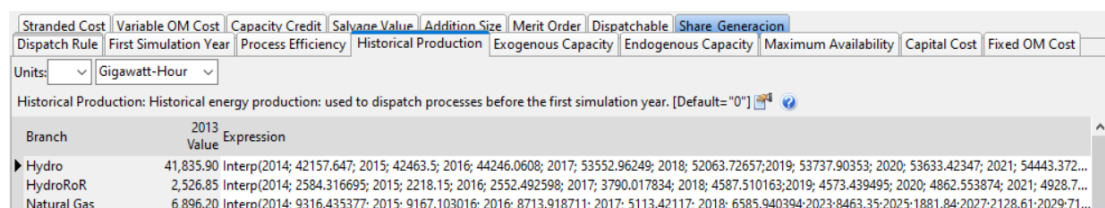


Figura 98: Valores históricos de generación de electricidad por recurso

Finalmente, para indicar la capacidad del sistema e integrar los datos de los planes de expansión de capacidad del sistema eléctrico, en la pestaña de capacidad exógena, como se muestra en la Figura 98, se introducen los datos de capacidad en MW para cada uno de los recursos de operación.

Stranded Cost	Variable OM Cost	Capacity Credit	Salvage Value	Addition Size	Merit Order	Dispatchable	Share Generation	
Dispatch Rule	First Simulation Year	Process Efficiency	Historical Production	Exogenous Capacity	Endogenous Capacity	Maximum Availability	Capital Cost	Fixed OM Cost
Units:	Megawatt	of production capacity						
Exogenous Capacity: Exogenously specified capacity: current and future committed capacity. [Default="0"]								
Branch	2013 Value	Expression						
Hydro	9,315.00	Step(2014; 10315; 2015; 10892; 2016; 10892; 2017; 10892; 2018; 11192; 2019; 12092; 2020; 12254; 2021; 12910; 2022; 13510; 2023; 13510; 2024; 13510; 20...						
HydroRoR	560.48	Step(2014; 584.8; 2015; 608.5; 2016; 648.1; 2017; 782.6; 2018; 862.6; 2019; 890.203; 2020; 918.69; 2021; 948.088; 2022; 978.427; 2023; 1009.74; 2024; 1042...						
Natural Gas	1,850.35	Step(2014; 1840.35; 2015; 1840.35; 2016; 1840.35; 2017; 1766.45; 2018; 1766.45; 2019; 1766.45; 2020; 1766.45; 2021; 1766.45; 2022; 1766.45; 2023; 1766.4...						

Figura 99: Capacidad instalada de generación en el sistema

Por otro lado, hay dos componentes que funcionan en paralelo, y que no se modelan dentro del mismo módulo de generación de electricidad. Estos son, la caracterización de la demanda y la disponibilidad de las tecnologías en cada periodo de tiempo. Para ello, se debe definir en primer lugar la resolución de tiempo con la que trabajar el modelo para simular el despacho.

Los bloques horarios, como se muestra en la Figura 99, se definen en la opción de “Time slices” dentro del menú principal. Aquí, es posible definir periodos de tiempo para representar la estacionalidad climática (i.e. periodos de sequía y lluvias) y representar los comportamientos de la demanda (i.e. periodos de días típicos laborales y festivo, y periodos típicos horarios de la curva de demanda).

Time Slices: Detailed: 16 slices: 4 Seasons/4 Daily Periods		
Setup	Export	Import
Time Slice	Hours	Seasonal Grouping
Spring: Morning (07-12)	413	Spring
Spring: Day (12-19)	354	Spring
Spring: Evening (19-24)	472	Spring
Spring: Night (24-07)	177	Spring

Figura 100: Definición de los bloques de tiempo para la operación del sistema

Una vez definidos los bloques horarios, para cada uno de los boques se deben definir las características de operación de las tecnologías y de disponibilidad de recursos. En periodos de demanda pico es necesario contar una mayor disponibilidad de capacidad de generación para poder atender dicha demanda, pero además debe ser consecuente con la disponibilidad del recurso. Estas características se definen en la opción “Yearly shape” como se muestra en la Figura 100, dentro del menú principal.

Yearly Shape: LoadEnergy (1/9)		
LoadEnergy		
LoadPeak		
LoadPeak50		
Hidro		
Small		
Wind		
PV		
Gas		
Shape Type:	Energy Load Shape (% of annual load)	
Slice	Hours	Value
Spring: Morning (07-12)	413	3.81
Spring: Day (12-19)	354	3.82
Spring: Evening (19-24)	472	5.63
Spring: Night (24-07)	177	2.27

Figura 101: Caracterización de la curva de demanda

## 6.2. Transformación de combustibles sólidos

### 6.2.1. Carbón vegetal (carbón de leña)

En este módulo se pueden incluir las importaciones y exportaciones históricas, al igual que las proyecciones para estos valores. Para esto se deben usar las variables Import Target y Export Target, que se encuentran en la rama Output Fuels. Para la producción de carbón vegetal, solo existe un proceso que abarca todas las plantas en Colombia. El parámetro que debe ajustarse en este caso es la eficiencia promedio de dicho proceso mediante la variable LEAP *Process Efficiency*.

Variable	2013 Value	Expression
Dispatch Rule	0.00	PercentShare
Process Share	100.00	100
Process Efficiency	32.02	Interp(2010;32.02;2011;32.02;2012;32.02;2013;32.02;2014;32.02;2015;20.41;2016;30.04)

Figura 102: Eficiencia producción de carbón vegetal.

### 6.2.2. Coque

Además de las variables para importaciones y exportaciones que se explicaron para carbón vegetal, y que funcionan de la misma forma para la producción de coque, se incluye un variable que relaciona las exportaciones de carbón metalúrgico (ver figura de abajo). Esto se debe a que las exportaciones de carbón metalúrgico se definieron como el factor impulsador de la producción de coque. En este caso también debe ingresarse la eficiencia del proceso, la cual puede variar anualmente y refleja la eficiencia promedio nacional.

Branch	2013 Value	Expression
Coke	1,216,079....	Interp(2010; 1216083; 2011; 1460797; 2012; 1480181; 2013; 134...

Figura 103: Exportaciones carbón vegetal como factor impulsador producción coque.

## 6.3. Autogeneración y cogeneración

El módulo de Auto y cogeneración produce dos tipos de electricidad (Electricidad SIN y Electricidad\_AUT\_COG), las cuales están asociadas al sector donde se transmiten y consumen. Por lo cual es necesario indicar la proporción de electricidad de cada tipo que se genera (ver Figura 103). Este módulo es similar a la generación en el SIN, por lo cual se debe ingresar la capacidad de generación estimada de forma exógena y la proporción de cada tipo de energético en el total de electricidad generada (ver Figura 104). Usando los valores históricos para obtener dicha distribución y proyectando cambios cuando sean pertinentes.

Shortfall Rule	Surplus Rule	Usage Rule	Output Share	Impo
Output Share: Energy share of total output from module (%) [D				
Branch	2013 Value	Expression		
► Electricity_AUT_COG	95.59	Remainder(100)		
Electricity_SIN	4.41	Interp(2014;5.31;2015;5.85)		

Figura 104: Distribución de la electricidad generada en el módulo auto y cogeneración

Dispatch Rule	First Simulation Year	Process Share	Process Efficiency	Exogenous Capacity	Endo
Units: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Exogenous Capacity: Exogenously specified capacity: current and future committed capacity. [Defau					
Branch	2013 Value	Expression			
► Bagasse	76.03	Step(2014;Interp(2014;86.44;2015;87.9);2016;GrowthAs(Key\Econor			
Coal	83.60	Step(2014;Interp(2014;83.6;2015;83.6);2016;GrowthAs(Key\Econom			
Natural Gas	547.92	Step(2014;Interp(2014;547.92;2015;555.77);2016;GrowthAs(Key\Eco			
Hydro	17.84	Step(2014;Interp(2014;17.84;2015;17.84);2016;GrowthAs(Key\Econd			
Crude Oil	127.41	Step(2014;Interp(2014;127.41;2015;127.41);2016;GrowthAs(Key\Eco			
Solar	0.09	Step(2014;Interp(2014;0.12;2015;0.12);2016;GrowthAs(Key\Econom			
Diesel	118.38	Step(2014;Interp(2014;122.08;2015;124.82);2016;GrowthAs(Key\Eco			
LPG	9.93	Step(2014;Interp(2014;10.16;2015;10.16);2016;GrowthAs(Key\Econd			

Figura 105: Capacidad de generación estimada para auto y cogeneración (MW).

## 6.4. Producción de combustibles líquidos

### 6.4.1. Refinerías

En el módulo de refinación de petróleo se debe definir la participación de los diferentes derivados del petróleo en la rama Output Fuel (ver Figura 106). Estos pueden variar anualmente y deben sumar en total 100%. En esta misma rama se deben definir los objetivos de importaciones y exportaciones, como se explicó anteriormente (ver Figura 106).


Shortfall Rule	Surplus Rule	Usage Rule	Output Share	Import Target	Exp
Output Share: Energy share of total output from module (%) [Default="0"] 					
Branch	2013 Value	Expression			
Diesel	22.77	Interp(2014;23.04;2015;23.76;2016;25.55)			
► Fuel_Oil	36.26	Interp(2014;30.63;2015;31.69;2016;29.79)			
LPG	3.62	Interp(2014;4.04;2015;5.71;2016;4.52)			
Gasoline	26.83	Remainder(100)			
Kerosene	8.32	Interp(2014;10.01;2015;8.65;2016;8.52)			
Refinery Gas	2.20	Interp(2014;1.52;2015;1.72;2016;2.48)			

Figura 106: Distribución de la producción de derivados del petróleo en refinerías.



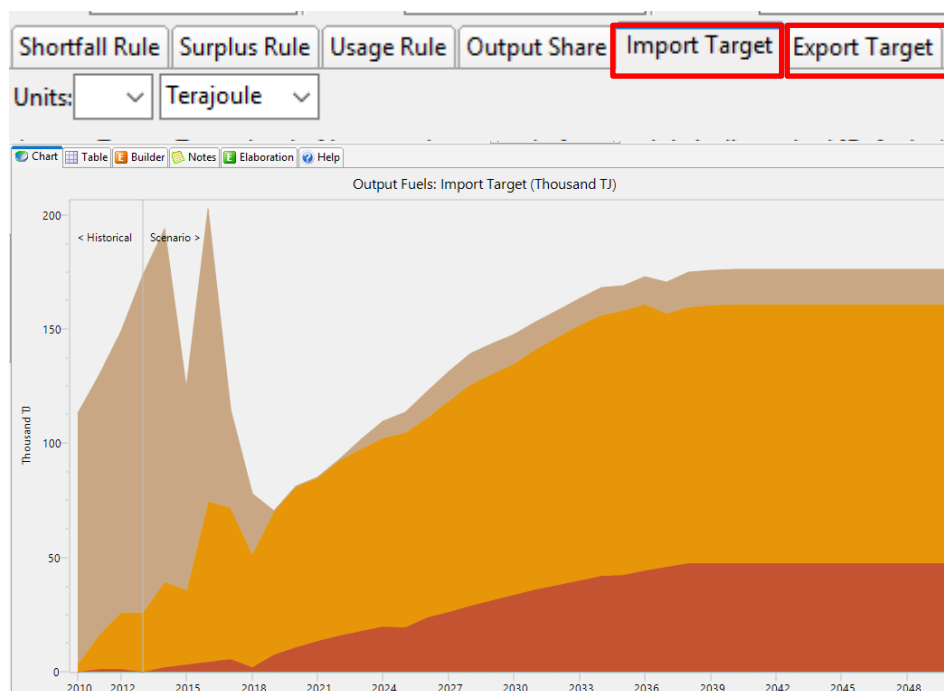


Figura 107: Importaciones y exportaciones derivados del petróleo en refinerías.

Para el módulo de refinerías también es necesario incluir la información de la capacidad de refinación en el país, lo cual limita la producción nacional y hace que el modelo dependa de importaciones cuando sea necesario. Adicionalmente se debe ingresar la eficiencia de las refinerías como cociente de la energía de todos los derivados y la energía del petróleo crudo que ingresa a la refinería.

Dispatch Rule	First Simulation Year	Process Share	Process Efficiency	Historical Production	Exogenous Capacity	Ex
All variables at branch "Refinerías" ?						
Variable	2013 Value	Expression				
Dispatch Rule	0.00	PercentShare				
Exogenous Capacity	631,081.00	Interp(2014;548005;2015;542085;2016;756016;2017;789667;2018;834133;2019;797697)				
Maximum Availabi...	0.00	100				
Capacity Credit	100.00	100				
Addition Size	0.00	0				
Dispatchable	1.00	Yes				
First Simulation Year	2,010.00	2010				
Process Share	100.00	Remainder(100)				
Historical Producti...	0.00	0				
Process Efficiency	86.26	Interp(2010;72.61;2011;77.74;2012;73.52;2013;86.26;2014;75.92;2015;71.98;2016;76.4)				

Figura 108: Capacidad nominal eficiencia de las de las refinerías.

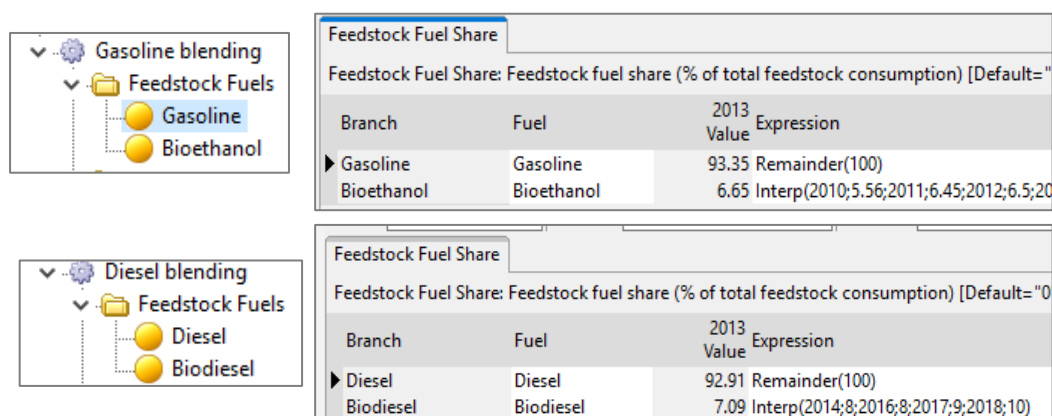
#### 6.4.2. Bioetanol y biodiesel

La estructura de los módulos de producción de bioetanol y biodiesel son idénticos. En esto se producen los biocombustibles que vana se usados en los módulos de mezcla de biocombustibles con derivados del petróleo tiene lugar. Dada la información disponible en el balance de energía colombiano (BECO), se asume una eficiencia de 100%, sin embargo, se sabe que este no es el caso.

Cuando se conozca la eficiencia del consumo de biomasa para la producción de biocombustibles, esta debe actualizarse en la variable *Process Efficiency* de los procesos *Distillation Plants* y *Biodiesel Plants*.

### 6.4.3. Mezcla biocombustibles

Los módulos de mezcla de biocombustibles se crearon para representar los procesos en los cuales estos son integrados a los combustibles fósiles, permitiendo manejar de forma clara y directa el porcentaje de biocombustibles. El módulo de mezcla de biodiesel y el módulo de bioetanol tienen la misma estructura, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



Branch	Fuel	2013 Value	Expression
Gasoline	Gasoline	93.35	Remainder(100)
Bioethanol	Bioethanol	6.65	Interp(2010;5.56;2011;6.45;2012;6.5;2013;6.65)

Branch	Fuel	2013 Value	Expression
Diesel	Diesel	92.91	Remainder(100)
Biodiesel	Biodiesel	7.09	Interp(2014;8;2016;8;2017;9;2018;10)

Figura 109: Porcentaje de biocombustibles en las mezclas Diesel Bx y Gasolina Ex.

## 6.5. Extracción de carbón, gas natural y petróleo

Los módulos de extracción de combustibles fósiles requieren que la producción siga la senda de producción definida por el Ministerio de Energía y la UPME. Para garantizar eso es necesario crear variables definidas por el usuario que incluyan la información de producción anual de los reportes oficiales.

### 6.5.1. Carbón

La producción de carbón se divide en minería subterránea o de superficie, esto debido a la diferencia en factores de emisión y el tipo de minas explotadas en Colombia. La Figura 109 muestra la participación de la minería subterránea, este parámetro debe actualizarse y cambiarse para reflejar la realidad de la minería a nivel nacional. Adicionalmente, y teniendo en cuenta que las exportaciones de carbón en Colombia son considerables, se requiere ingresar las proyecciones de exportaciones netas, las cuales no están sujetas a la demanda nacional de este energético, como muestra la Figura 110.

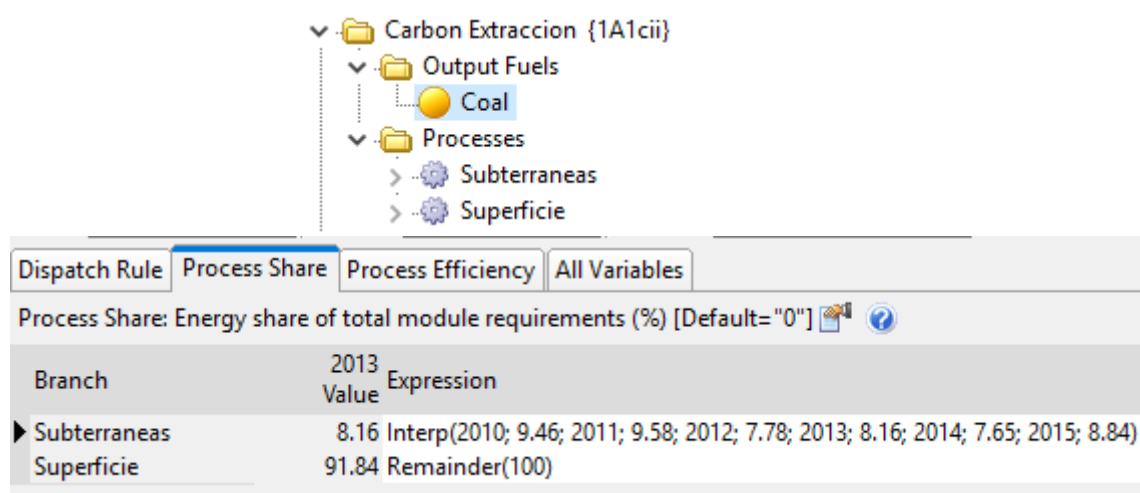


Figura 110: Participación minería subterránea y de superficie.

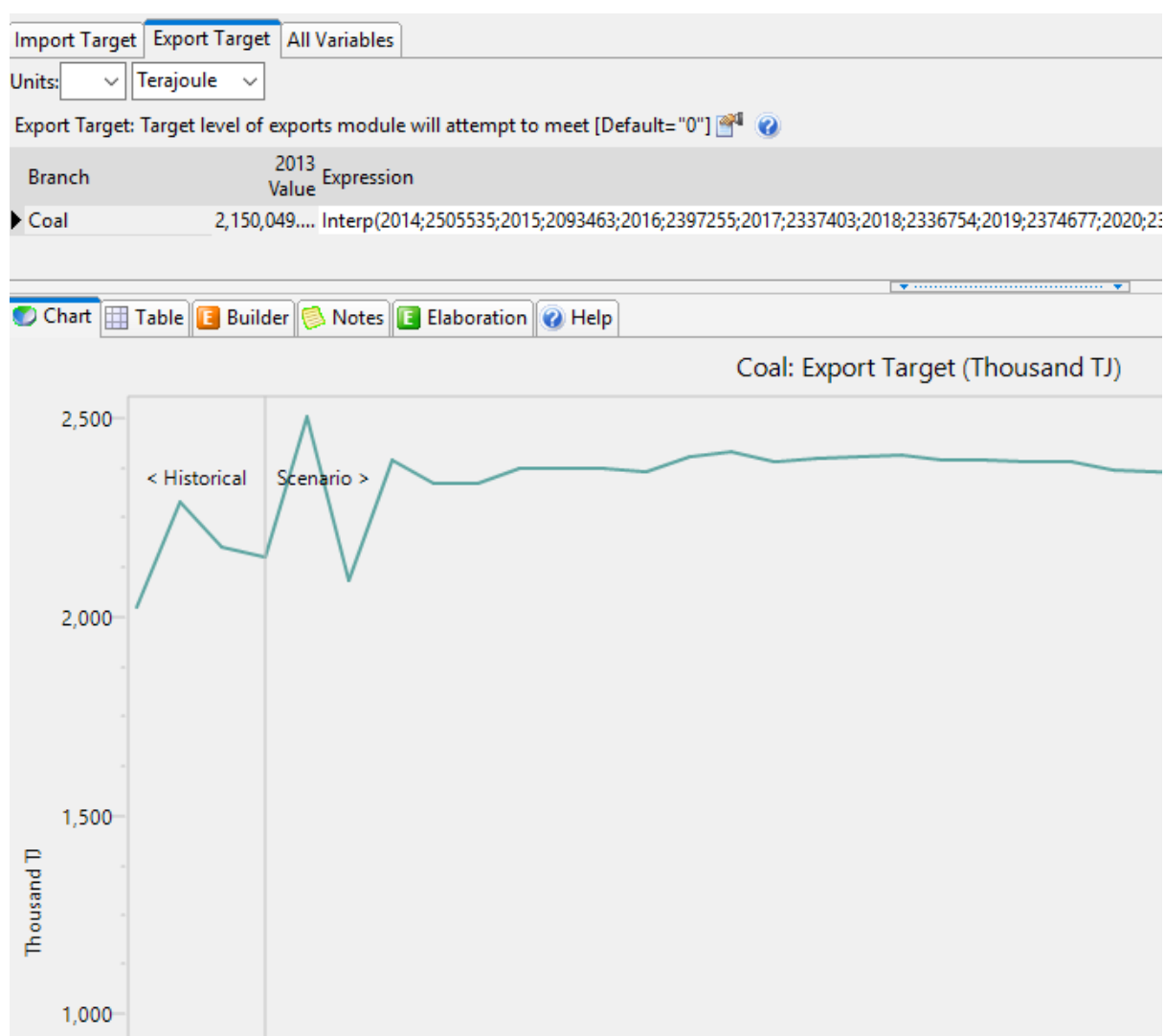


Figura 111: Histórico y proyecciones de las exportaciones de carbón.

Además de la producción y las exportaciones de carbón, se debe incluir en el modelo el consumo de combustibles. Estos se encuentran en la rama *Auxiliary Fules* y se incluyen como GJ de combustible por GJ de carbón producido. El consumo de combustibles total dependerá de las exportaciones y la demanda nacional.

Subterraneas

Feedstock Fuels

Coal

Auxiliary Fuels

Diesel Bx

Gasoline Ex

Natural Gas

Auxiliary Fuel Use

Avg Environmental Loading

Auxiliary Fuel Use: Auxiliary fuel use (energy use per unit of energy consumed or produced) [Default="0"]

Branch	Fuel	2013 Value	Expression Scale	Units	Per
Diesel Bx	Diesel Bx	0.01	0.005958	Gigajoule	Gigajoule
Gasoline Ex	Gasoline Ex	0.00	0.000033	Gigajoule	Gigajoule
Natural Gas	Natural Gas	0.00	0.000929	Gigajoule	Gigajoule

Figura 112: Intensidad energética (combustibles auxiliares) en la producción de carbón.

### 6.5.2. Gas natural

Para garantizar que la producción de gas natural siga las proyecciones oficiales se creó la variable *Producción Gas*. En este variable se debe ingresar la producción anual en TJ la cual se usara para limitar la capacidad anual de producción de gas del módulo (ver Figura 112 y Figura 113). En este módulo no es necesario incluir la energía usada en la extracción, la cual se tiene en cuenta en el módulo de autoconsumo.

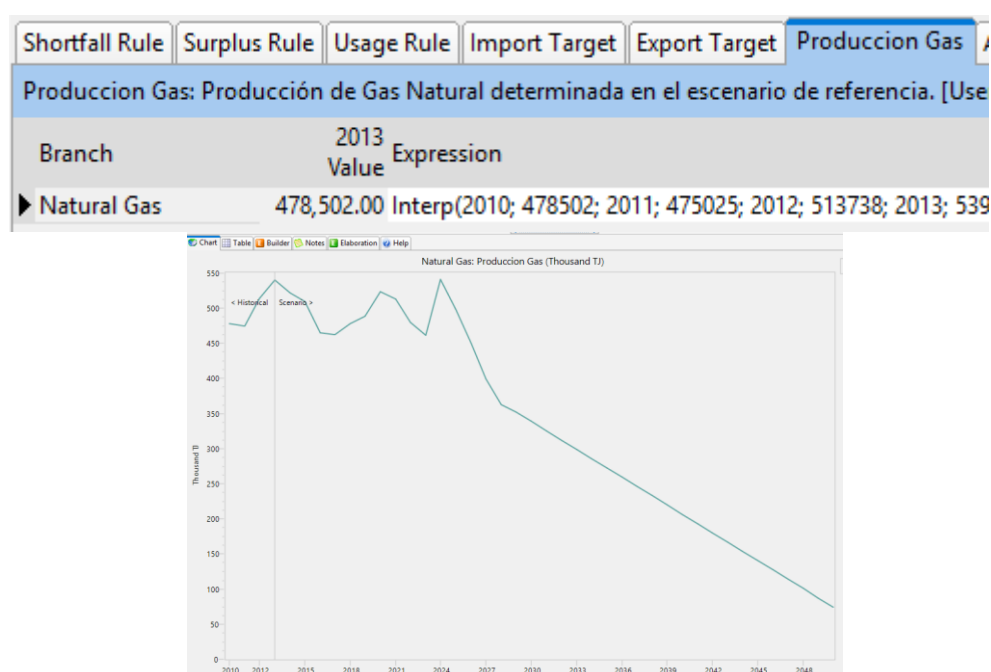


Figura 113: Perfil de producción oficial de gas natural a 2050.

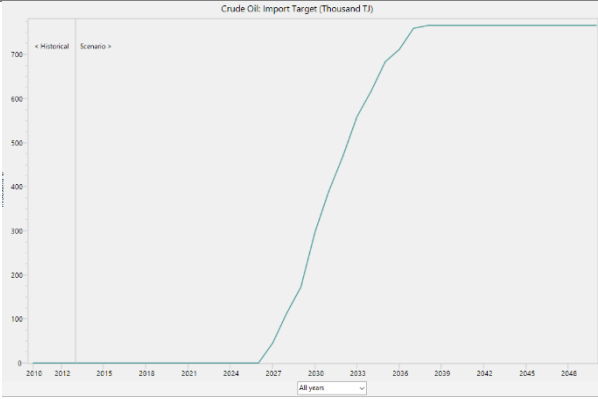

Dispatch Rule	First Simulation Year	Process Share	Process Efficiency	Historical Production	Exogenous Capacity	Endoge
All variables at branch "Natural Gas" ?						
Variable	2013 Value	Expression				
Dispatch Rule	0.00	PercentShare				
Exogenous Capacity	539,931.00	Transformation\Gas Natural Extracción\Output Fuels\Natural Gas:Produccion Gas[TJ]				
Maximum Availabi...	0.00	100				
Capacity Credit	100.00	100				
Addition Size	0.00	0				
Dispatchable	1.00	Yes				
First Simulation Year	2,010.00	2010				
Process Share	100.00	100				
Historical Producti...	0.00	0				
Process Efficiency	100.00	100				

Figura 114: Capacidad de extracción de gas natural.

### 6.5.3. Petróleo

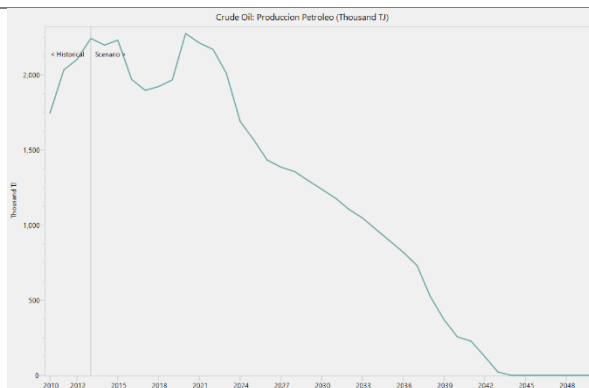
En el módulo de extracción de petróleo se deben modificar tres variables para representan las proyecciones oficiales del sector. Estas variables se muestran en la Tabla 2. Al igual que en el módulo de extracción de gas natural, el consumo de energía para la extracción de petróleo se tiene en cuenta en los módulos de autoconsumos.

Tabla 2.Principales variables modulo extracción de petróleo.

Variable	Descripción	Perfil a 2050
<b>Import Target</b>	Importaciones de petróleo crudo para mantener el balance entre petróleo liviano y pesado en las refinерías.	
<b>Export Target</b>	Exportaciones calculadas por LEAP (no modificar), estas tienen en cuenta la demanda nacional, las importaciones y el perfil de producción.	



**Producción Petróleo** Esta variable representa las proyecciones oficiales de extracción de petróleo a nivel nacional.



## 7. Recursos

Todos los recursos modelados en secciones anteriores aparecen aquí, desglosados en dos elementos, “Primary” y “Secondary”. En el primero, “Primary”, los botones activos en la caja derecha son “yield”, “Import cost”, “Indigenous cost”, y “Unmet Requirements” (Figura 115). Debajo del botón “yield”, la disponibilidad de ciertos recursos con calidad suficiente se ha garantizado con un gran número arbitrario de 200 000 PJ.

Branch	2013 Value	Expression	Scale	Units
Municipal Solid W...	0.00			Petajoule
Water waste	0.00			Petajoule
Wind	200,000.00	200000		Petajoule
Geothermal	200,000.00	200000		Petajoule
Solar PV	200,000.00	200000		Petajoule
Waste and recovery	200,000.00	200000		Petajoule
Biomass	200,000.00	200000		Petajoule
Bagasse	200,000.00	200000		Petajoule
Hydro	200,000.00	200000		Petajoule
Wood	200,000.00	200000		Petajoule

Figura 115: Representación de los recursos primarios

Antes de ir al siguiente botón “Import Cost”, nos enfocaremos en “Indigenous Cost”. En “Indigenous Cost”, los datos sobre el precio de los recursos energéticos se introducen (dentro del Rectángulo rojo) mediante la vinculación con los supuestos clave, cuyos valores se definen en “Precios Combustibles” (Figura 116). Los valores proporcionados en “Precios Combustibles” se pueden cambiar en “Key Assumption” y se cambiará automáticamente aquí.

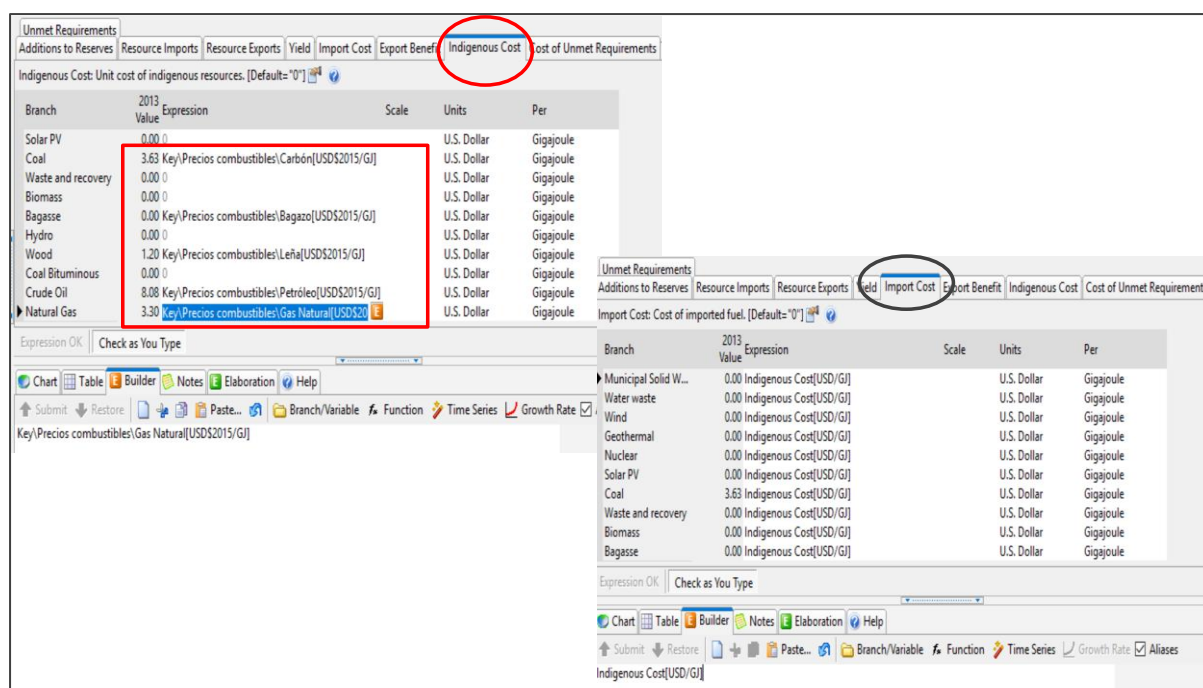


Figura 116: Representación de los recursos primarios (cont.)

El precio de los combustibles se ingresa en "Import cost" o enlazando el valor de los combustibles en "Indigenous Cost". Estos valores de los combustibles en "Indigenous Cost" se pueden cambiar automáticamente aquí. Se entiende que en el caso que no se cuente con precios de importación de los combustibles, la variable "Import Cost" se vincula a la variable "Indigenous Cost", teniendo así el mismo precio de combustible para ambos casos (i.e.:  $\text{Import Cost: Indigenous Cost[USD/GJ]}$ ).

El último botón utilizado para modelar los recursos primarios es "Unmet Requirements" (Figura 117). Permite visualizar la demanda de algunos de los recursos (ejemplo, para residuos sólidos municipales)

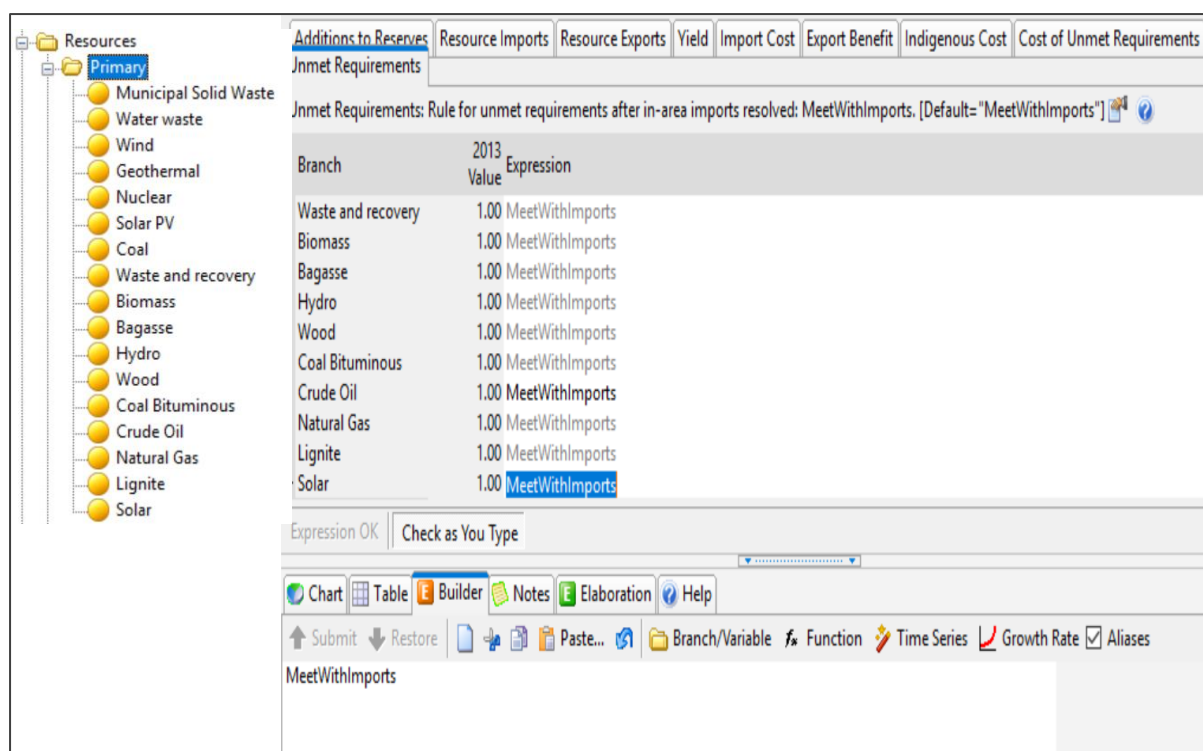


Figura 117: Representación de los recursos primarios (cont.)

En la sección "Secondary" en la caja izquierda del modelo, los combustibles secundarios (gas de refinería, diésel, gasolina, etc.) se modelan de la misma manera que los combustibles primarios, y las explicaciones son similares a las hechas anteriormente.

## 8. Emisiones Fugitivas (1B)

La estructura de la categoría de emisiones fugitivas sigue la estructura definida por las guías IPCC, como muestra la Figura 117. Los datos de actividad usados para calcular las emisiones fugitivas usando la metodología Nivel 1 están asociados a el sector de energía dentro del modelo LEAP lo cual facilita la modelación de esta categoría. Los datos de actividad se toman del resultado de la extracción de combustibles fósiles obtenido dentro del modelo (producción, transporte y distribución, almacenamiento, etc).

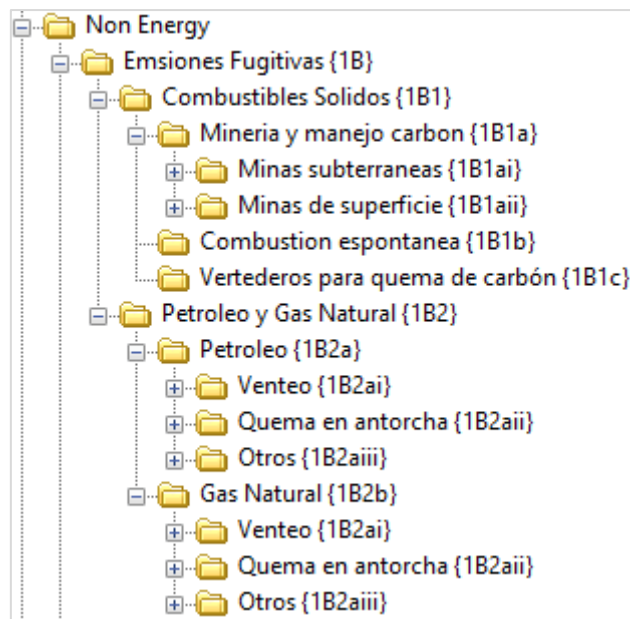


Figura 118: Estructura categoría emisiones fugitivas en LEAP.

El módulo se diseñó de tal manera que refleje la actividad de la demanda y los sectores de industrias de energía, por lo cual no se requiere ingresar información como en otros módulos, o sectores. En este caso el módulo requiere un mantenimiento de los vínculos y actualización de constantes tales como los factores de emisión. Dadas las características mencionadas anteriormente, y mientras se siga usando el Nivel 1 de las guías IPCC, los parámetros que se deben actualizar y controlar en modelo son:

- Factores de emisión (ver Figura 118).
- Factores para establecer la relación entre producción y otras variables como el número de pozos en servicio, o la cantidad de GLP transportado (ver Figura 119)
- Vinculo a datos de actividad en LEAP (ver Figura 119)

Non Energy Effect Loading			Effect Cost	EF mining
EF mining: Emission factor of fugitive emissions in mining				
Branch	2013 Value	Expression		
CO2	18.00	18		
Methane	2,678.00	2678		

Non Energy Effect Loading			Effect Cost	FE Fugitivas
FE Fugitivas: in some cases the unit and the activity level				
Branch	2013 Value	Expression		
Carbon Dioxide	0.00	0.0014		
Methane	0.00	0.00000088		
Nitrous Oxide	0.00	0.000000025		

Figura 119: Factores de emisión para emisiones fugitivas minería de carbón, y extracción de petróleo y gas natural.

Coal_Production		
Coal_Production: Quantity of coal produced in mining activities per year [User Variable Default="0"]		
Branch	2013 Value	Expression
► Minas subterránea...	7,362,959....	Transformation\Carbon Extraccion {1A1cii}\Processes\Subterráneas:Outputs by Output Fuel[GJ] /28.76
Minas de superfici...	70,469,60...	Transformation\Carbon Extraccion {1A1cii}\Processes\Superficie:Outputs by Output Fuel[GJ] /28.76

Acitividad Emisiones Fugitivas		
Acitividad Emisiones Fugitivas: [User Variable Default="0"]		
Branch	2013 Value	Expression
► Producción	46,515.90	Resources\Primary\Crude Oil:Indigenous Production[GJ]/(0.945*40.671)/1000
Transporte	10,596.30	0.2278*Resources\Primary\Crude Oil:Indigenous Production[GJ]/(0.945*40.671)/1000

Acitividad Emisiones Fugitivas		
Acitividad Emisiones Fugitivas: [User Variable Default="0"]		
Branch	2013 Value	Expression
► Producción	13,422.20	Resources\Primary\Natural Gas:Indigenous Production[GJ] /(35.65)/1000
Procesamiento	200.73	Transformation\Gas tratamiento:Outputs by Output Fuel[GJ]/(0.5599*45.515)/1000
Perforacion	1,408.93	Resources\Primary\Natural Gas:Indigenous Production[GJ] /(35.65)/1000*0.10497

Figura 120: Vínculos de nivel de actividad para cálculo de emisiones fugitivas.

## 9. Procesos industriales y uso de productos {2}

### 9.1. Procesos industriales y uso de productos

El sector 2 Procesos industriales y Uso de Producto IPPU está compuesto de cinco ramificaciones, cada una corresponde a una de las subcategorías modeladas en LEAP: 2A Industria de los minerales, 2B Industria Química, 2C Industria de los metales, 2D Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes, y 2F Uso de productos sustitutos de sustancias agotadoras de la capa de ozono-SAO. Ver Figura 120.

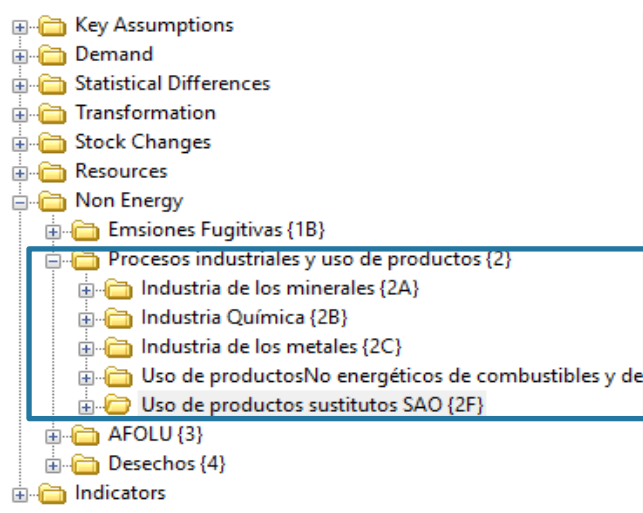


Figura 121: Estructura de árbol del sector 2 Procesos Industriales y Uso de Productos y sus respectivas categorías 2A a 2F

Las emisiones de GEI para las primeras cuatro categorías, 2A a 2D, fueron modeladas con base en las series de tiempo tanto de niveles de actividad como de factores de emisión para el respectivo GEI que



fueron suministradas por el IDEAM para tal fin, y el cálculo de las emisiones como la multiplicación de estas dos variables. En cambio, las emisiones de GEI para la categoría 2F fueron modeladas directamente en LEAP como las emisiones de cada uno de los sustitutos SAO, más los parámetros y cálculos para estimar estas emisiones siguen en las hojas de cálculo donde fueron estimadas por la Unidad Técnica de Ozono-UTO.

Haciendo clic en la barra izquierda en la carpeta del sector 2 IPPU o en cualquiera de las categorías 2A a 2F no muestra ningún valor o pestaña porque no hay variables definidas a este nivel. Para acceder a las variables donde están alojados los parámetros para estimar las emisiones de las categorías 2A a 2D o las emisiones de la categoría 2F es necesario expandir la estructura de árbol en cada una de las categorías y subcategorías hasta alcanzar el respectivo Efecto donde se alojan las emisiones (y sus respectivos cálculos donde sea necesario) de GEI en LEAP, el cual es representado con un ícono gris:

A continuación, se muestran los dos enfoques para la modelación de GEI en el sector 2 IPPU. Recuerde siempre expandir las categorías y subcategorías hasta alcanzar el ícono gris correspondiente al Efecto.

### 9.1.1. Categorías 2A a 2D

Tomando como ejemplo las emisiones de la subcategoría 2A1 Producción de cemento que se muestra en la Figura 121, al hacer clic en el ícono del Efecto que está subordinado a la respectiva subcategoría se observa que aparecen un grupo de pestañas de las cuales unas están resaltadas con un color ocre. La primera pestaña “Non Energy Effect Loading” aloja en su expresión una función que multiplica los valores de las variables “Nivel de actividad” y “Factor de emisión” las cuales resultan en las emisiones del respectivo gas de efecto invernadero, que para el ejemplo es CO<sub>2</sub>.

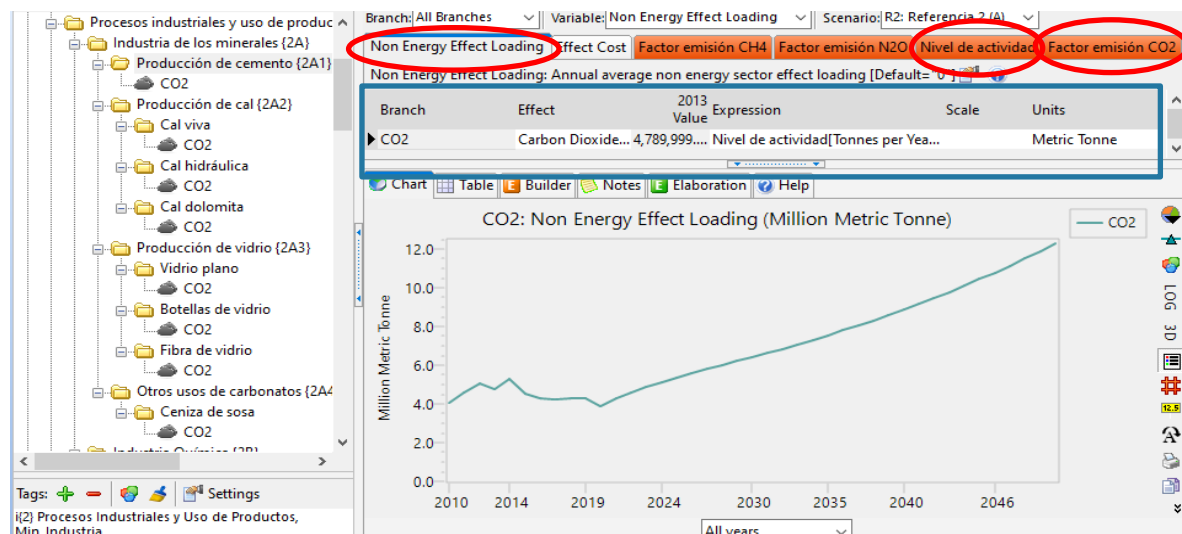


Figura 122: Pantallazo del modelo LEAP Colombia para Non Energy Effect Loading

En las pestañas de “Nivel de actividad” y “Factor de emisión” señaladas con un círculo rojo en la Figura 121 están alojadas en la expresión las series de tiempo que representan el nivel de actividad de la respectiva subcategoría y su respectivo factor de emisión. En cada uno de los Efectos siempre aparecerán las pestañas de color ocre con los factores de emisión de los tres principales gases de efecto invernadero, no obstante, el usuario observará que estas están diligenciadas únicamente para el respectivo GEI que corresponde con las emisiones de la subcategoría. El resto están vacíos.

Esta misma lógica se replica en cada uno de los Efectos que están subordinados a cada una de las subcategorías que están comprendidas entre las categorías 2A a 2D.

### 9.1.2. Categoría 2F

Como se explicó anteriormente, para la categoría 2F se modelaron directamente las emisiones de los sustitutos SAO en cada una de las subcategorías. Tomando como ejemplo las emisiones de sustitutos SAO en la refrigeración industrial que pertenecen a la subcategoría 2F1A de Refrigeración y Aire Acondicionado estacionario mostradas en la Figura 122, al hacer clic sobre el Efecto (🔍) en cualquiera de las sustancias HFC se observa que aparece la pestaña señalada en rojo y la expresión con la serie de tiempo de las emisiones en kilogramos de la respectiva sustancia, mostradas en el recuadro azul.

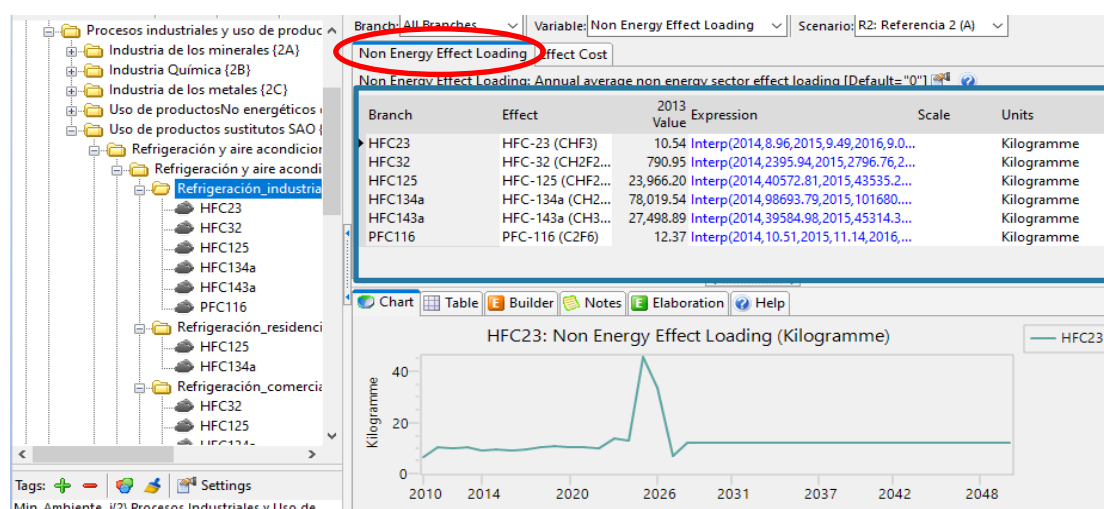


Figura 123: Representación en LEAP de las emisiones de la subcategoría 2F1a Refrigeración y Aire Acondicionado estacionario

## 10. AFOLU {3}

En la Figura 123 se muestra la estructura del sector AFOLU en LEAP. El sector AFOLU consta de tres categorías principales: Ganadería (3A), Tierra (3B) y Emisiones de no-CO<sub>2</sub> provenientes de la tierra (3C). La primera categoría comprende las emisiones del ganado procedentes de la fermentación entérica y la gestión del estiércol. La segunda categoría comprende todas las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del uso de la tierra y los cambios en el uso de la tierra, de los cuales la deforestación es una fuente principal de emisiones. La tercera categoría comprende las emisiones de no-CO<sub>2</sub> procedentes de la tierra, de las cuales las emisiones de N<sub>2</sub>O relacionadas con la fertilización son las principales, pero también la quema de biomasa y el cultivo del arroz son fuentes relevantes.

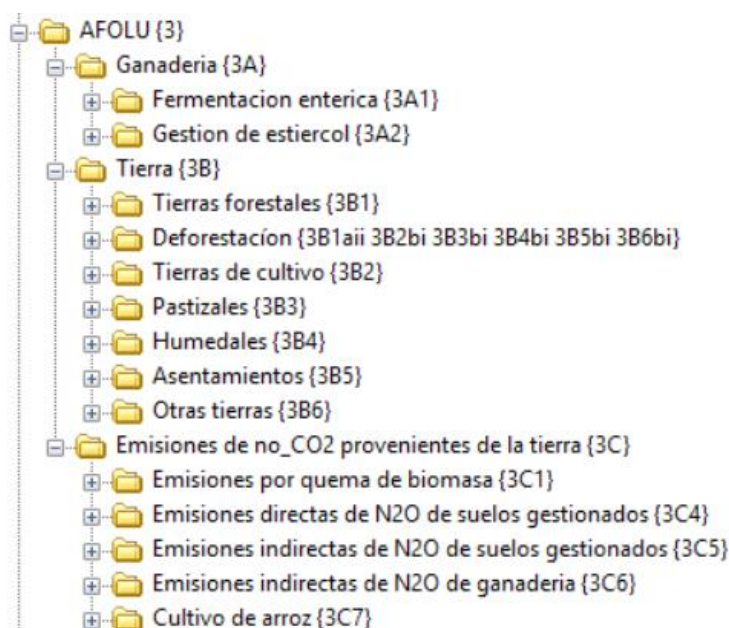


Figura 124: Estructura del sector AFOLU en LEAP

Para la categoría Ganaderia (3A) las emisiones se calculan sobre la base de la multiplicación del número de animales y el factor de emisión por animal. Los datos asociados al número de animales deben proporcionarse en el parámetro '*Numero de animales {3A}*', ver figura 124. Como se puede ver en la Figura en mención, para Ganado se hace una diferenciación para 10 regiones y siete categorías de ganado. Esta regionalización se incluye ya que el factor de emisión para la fermentación entérica y la gestión del estiércol es específico de la región, debido a las características climáticas, terrestres y agrícolas. Las otras categorías de animales son sólo a nivel nacional incluidas en LEAP. Los factores de emisión se proporcionan en los parámetros '*Emission factor Ent*' para la fermentación entérica y '*Emission factor CH4 Manure Man*' y '*Emission factor N2O Manure man*' para la gestión del estiércol. Todos los factores de emisión se expresan en kg CH<sub>4</sub>/N<sub>2</sub>O por cabeza.

Branch	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Vacas de alta produccion (3A1ai)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vacas de baja produccion (3A1aii)	615.4	612.2	602.0	594.8	597.2	598.2	614.2
Vacas para produccion de carne (3A1aiii)	372.2	370.2	364.0	359.6	361.0	361.5	391.3
Toros utilizados con fines reproductivos (3A1aiv)	40.0	39.8	39.2	38.7	38.9	39.0	37.1
Terneros pre_destetos (3A1av)	627.8	624.6	614.3	607.0	609.5	610.6	621.6
Terneras de remplazo (3A1avi)	671.9	668.1	656.7	648.7	650.9	651.7	718.0
Ganado de engorde (3A1avii)	632.8	629.3	618.6	611.0	613.2	613.9	693.4

Figura 125: Captura de pantalla de LEAP para el cálculo de la fermentación entérica para el ganado bovino

Para la categoría Tierra (3B) todos los cálculos se han hecho fuera de LEAP en archivos de Excel, y sólo se han incluido las emisiones resultantes. Sin embargo, se utilizó una estructura arbórea detallada que reflejaba todas las categorías del BUR, incluyendo explícitamente las emisiones relacionadas con la deforestación. Para la mayoría de las categorías de uso del suelo (cambio), se han distinguido las siguientes piscinas de carbono: biomasa sobre el suelo (AGB), biomasa subterránea (BGB), materia orgánica muerta (MOM) y suelos. La estructura de LEAP se ha configurado de tal manera que se puede proporcionar una emisión neta directa - 'Net emissions', ver Figura 125, o la emisión se puede calcular multiplicando el parámetro 'Area' con el parámetro 'Carbon Pool EF'. Para la categoría de tierras forestales y deforestación se han distinguido cinco regiones diferentes, mientras que para otras categorías de uso de la tierra sólo se incluyen datos a nivel nacional en LEAP.

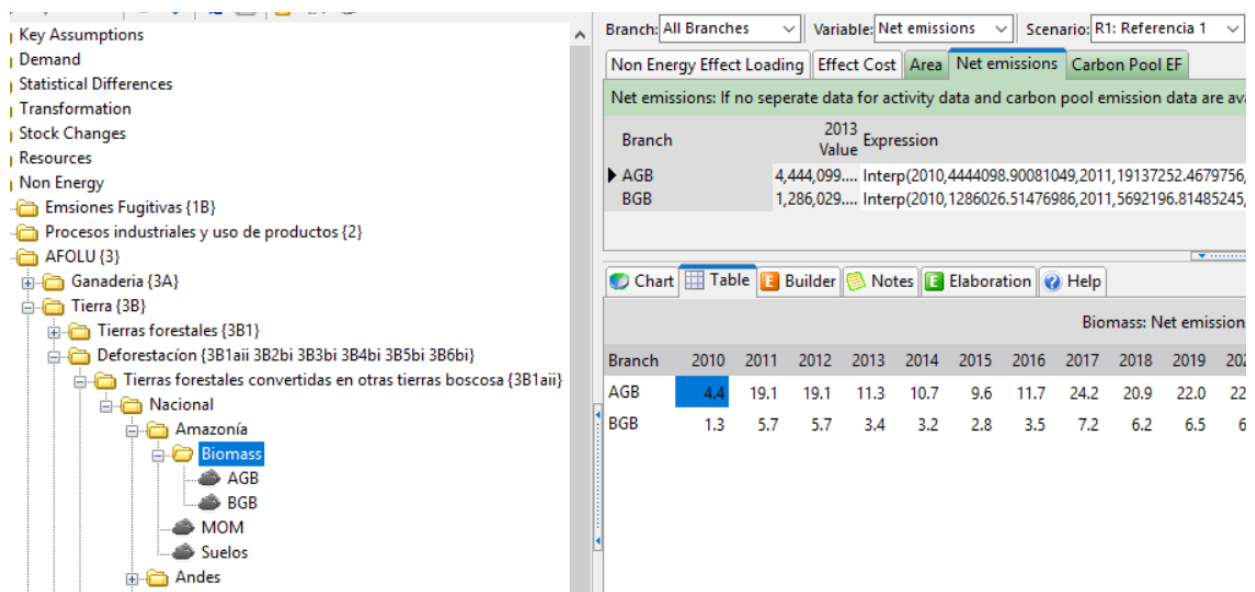


Figura 126: Captura de pantalla de LEAP para el aporte de emisiones relacionadas con la deforestación

Para la categoría 3C (Emisiones de no-CO<sub>2</sub> provenientes de la tierra) también se ha utilizado un simple cálculo de los datos de actividad por factor de emisión para calcular las emisiones de GEI en LEAP. En esta categoría el conductor principal es la cantidad de fertilización N. Estos datos de entrada se pueden proporcionar en el parámetro 'Cantidad de Nitrogeno', expresado en millones de kg N, véase la Figura 20. La cantidad de nitrógeno depositada durante el pastoreo y de fertilizantes minerales son los principales impulsores de las emisiones. El factor de emisión para las emisiones directas del suelo N<sub>2</sub>O (3C4) se proporciona en el parámetro 'Emission factor N2O directas' y para las emisiones indirectas del suelo N<sub>2</sub>O (3C5) en el parámetro 'Emission factor indirect N2O', ambos expresados en kg N<sub>2</sub>O-N/kg N de entrada. Para la gestión indirecta del estiércol de categoría 3C6 se ha realizado un cálculo similar, basado en el número de animales y el factor de emisión, parámetro 'Emission factor indirect N2O manure man'. Para el cultivo de arroz, categoría 3C7, la emisión de CH<sub>4</sub> es calculada multiplicando la superficie cosechada (parámetro 'Annual Harvested Area') por el factor de emisión (parámetro 'Emission factor Cultivo de arroz'). Sólo para la quema de biomasa de categoría 3C1 los cálculos de emisión se han realizado fuera de LEAP en archivos de Excel, y sólo las emisiones totales de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> se han incluido en LEAP para las categorías Tierras forestales, Tierras de cultivo y Pastizales en el parámetro 'Non Energy Effect Loading'.

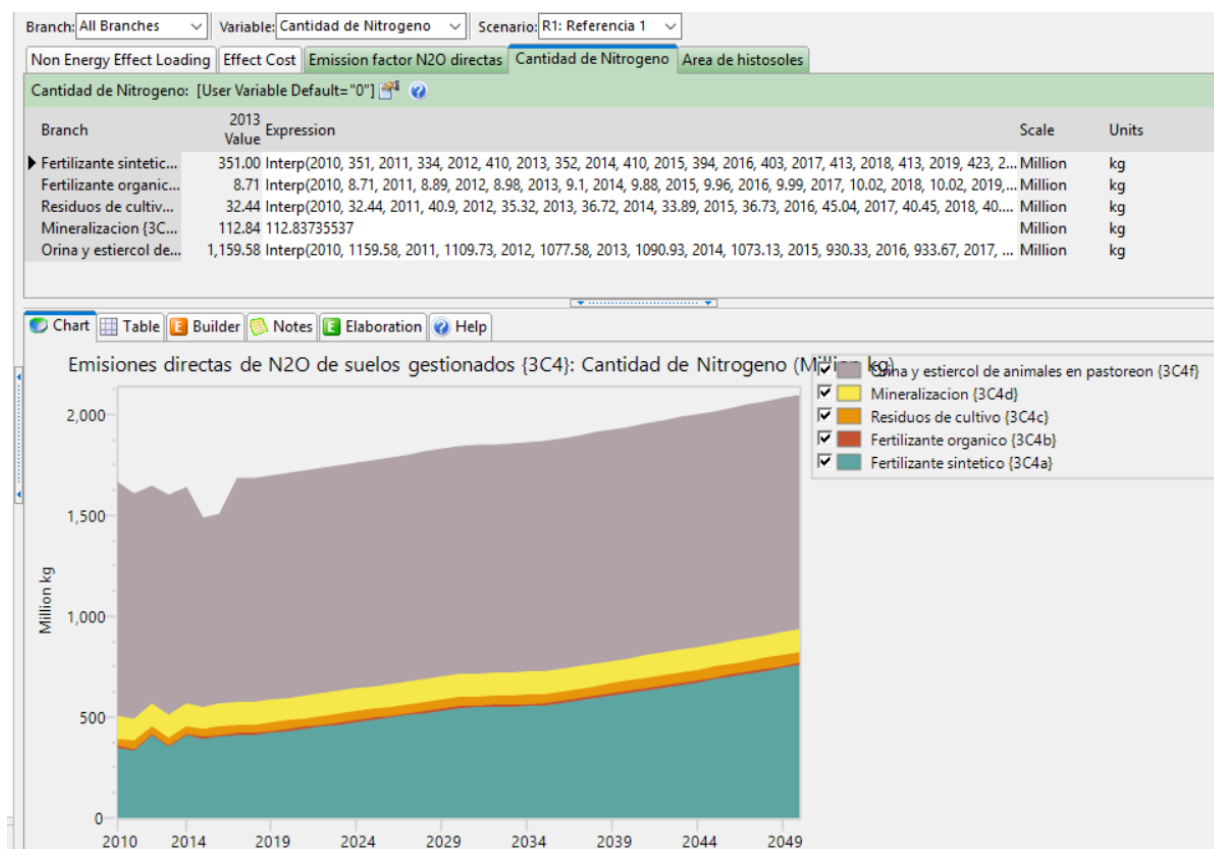


Figura 127: Captura de pantalla de LEAP para la cantidad de nitrógeno para los cálculos de emisiones en la categoría 3C

## 11. Desechos {4}

La estructura del sector Desechos sigue la estructura (niveles) definidos en las guías IPCC, esta estructura facilita la extracción de resultados para reportes y se recomienda no modificarla, dado que algunas variables dependen de esta estructura para determinar la participación por nivel. La Figura 127 muestra la estructura principal de este sector, la cual tiene una mayor desagregación en niveles inferiores, la cual es más flexible a modificaciones.



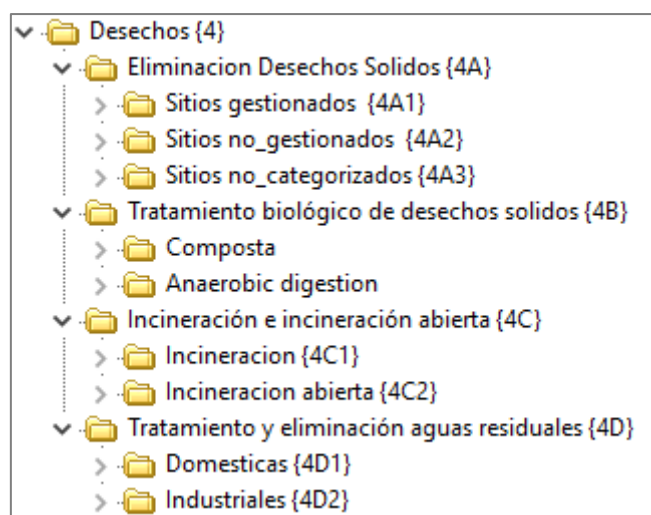


Figura 128: Estructura principal del sector desechos.

### 11.1. Valores de Entrada

Varios de los parámetros de entrada de este sector se cubrieron en los supuestos de residuos (key assumptions\Residuos) y están asociados a proyecciones exógenas como el crecimiento de la población, crecimiento PIB sectorial y la extracción de hidrocarburos. Para el cálculo de las emisiones de los rellenos sanitarios (categoría 4A1a) solo se requieren dos parámetros de entrada: DDOCmaT en 2019, debido a que el modelo inicia en 2010 es necesario ingresar este valor histórico; y Solid Waste, la proyección de desechos que se ingresan al relleno sanitario. Se desvinculó de la población para usar el crecimiento por municipio proyectado por el IDEAM y los valores de generación de desechos per cápita de cada municipio. Los demás parámetros se toman de Key Assumptions\Residuos, de constantes de las guías IPCC (i.e.: MCF, DOCF, F), o de la caracterización de residuos de para cada relleno sanitario (fuente IDEAM).

DOC DOCF F OX All Variables		
Non Energy Effect Loading Effect Cost Composicion DDOCmdT DDOCmaT DDOCm decompT DDOCmaT in 2009 x landfill Solid Waste		
Non Energy Effect Loading: Annual average non energy sector effect loading [Default="0"]		
Branch	Effect	Expression
Comida	Methane (CH4)	$DDOCm\ decompT[Gg] * (F[Factor])^{(16/12)} - CH4\ Recovery[Gg] - Uso\_CH4[Gg]$
Jardín	Methane (CH4)	$DDOCm\ decompT[Gg] * (F[Factor])^{(16/12)} - CH4\ Recovery[Gg] - Uso\_CH4[Gg]$
Madera	Methane (CH4)	$DDOCm\ decompT[Gg] * (F[Factor])^{(16/12)} - CH4\ Recovery[Gg] - Uso\_CH4[Gg]$
Pañales	Methane (CH4)	$DDOCm\ decompT[Gg] * (F[Factor])^{(16/12)} - CH4\ Recovery[Gg] - Uso\_CH4[Gg]$
Papel	Methane (CH4)	$DDOCm\ decompT[Gg] * (F[Factor])^{(16/12)} - CH4\ Recovery[Gg] - Uso\_CH4[Gg]$
Plásticos y otros in...	Methane (CH4)	$DDOCm\ decompT[Gg] * (F[Factor])^{(16/12)} - CH4\ Recovery[Gg] - Uso\_CH4[Gg]$
Textiles	Methane (CH4)	$DDOCm\ decompT[Gg] * (F[Factor])^{(16/12)} - CH4\ Recovery[Gg] - Uso\_CH4[Gg]$

Figura 129: Información de entrada para cálculo de emisiones de rellenos sanitarios.

Para la categoría 4A1b se requieren las Disposiciones Históricas al igual que el valor de la variable DDOCmaT2009. El modelo vincula el crecimiento de las disposiciones históricas al crecimiento poblacional. Adicionalmente la caracterización promedio por zona climática debe actualizarse cuando esto sea pertinente. Para la categoría 4A3-Sitios no categorizados, al igual que la categoría 4A1b, requiere que se ingresen las disposiciones históricas y la caracterización de los desechos por zona climática (ver Figura 129).

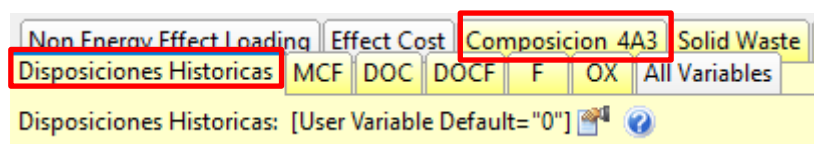


Figura 130: Valores de entrada categorías 4A1b y 4A3.

Para la categoría 4B existen dos alternativas para ingresar la cantidad de desechos sólidos que se usan para el cálculo de emisiones. En primer lugar, se pueden ingresar las disposiciones históricas y vincular el crecimiento con un parámetro ya contenido en LEAP como el crecimiento poblacional. En segundo lugar, se puede usar la variable Treatment\_Share (ver Figura 130). Con esta variable se puede destruir la cantidad de desechos que se asignan a cada tipo de tratamiento. La cantidad de desechos se calcula como el producto del índice de generación de desechos per cápita, la cantidad de población y la participación del tipo de tratamiento. Adicionalmente se deben ingresar los factores de emisiones de tratamiento biológico para composta y digestión anaeróbica.

Solid Waste			FE tratamiento biológico	Indice_Disposicion	Poblacion	Disposiciones Hi
Treatment_Share			[User Variable Default= "0"]			
Branch	2013 Value	Expression				
Eliminacion Desec...	87.30	Remainder(100)				
▶ Tratamiento biológ...	0.00	0				
Incineración e inci...	12.70	Interp(2010; 12.7; 2011; 13.2; 2012; 13; 2013; 12.4; 2014; 12.7; 2015; 14.35)				
Tratamiento y elim...	0.00	0 ? it does not apply				

Figura 131: Variable participación por tipo de tratamiento residuos sólidos.

La categoría 4C1-Incineración se divide en residuos urbanos y peligrosos. Para la categoría urbana, la cantidad de residuos sólidos se calcula a partir de la variable Treatment\_Share, de la misma forma que se explicó para la categoría 4B. De forma diferente, para la categoría Peligrosos, se ingresaron los valores históricos hasta 2015 y luego se vincula su crecimiento con diferentes factores impulsores.

- Residuos hospitalarios: crecimiento poblacional.
- Solventes: PIB de industria manufacturera.
- Aceites: Extracción de carbón.
- Peligrosos petróleo: Extracción de petróleo.
- Peligrosos industria: PIB de industria manufacturera.

La categoría 4C2-Incineración abierta depende de la variable Treatment Share, con la cual se calcula la cantidad de residuos sólidos que son gestionados en esta categoría. Esta depende de la población nacional y de del factor de generación de residuos per cápita. Los factores de emisiones de metano y óxido nitroso deben ingresarse manualmente, mientras el que el factor de dióxido de carbono se calcula teniendo en cuenta las constantes y variables que se ven en la Figura 131 (Gg/GgMWS).

Non Energy Effect Loading	Effect Cost	Solid Waste	Treatment_Share	dm	CF	FCF	OF	EF_Incineration
EF_Incineration: CO2,N2O and CH4 emission factors for waste incineration [User Variable Default="0"]								
Branch	2013 Value	Expression						
► Carbon Dioxide Bio...	0.62	dm[Fraction]*CF[Fraction]*FCF[Fraction]*OF[Cte]*(44/12)						
Carbon Dioxide	0.42	dm[Fraction]*CF[Fraction]*FCF[Fraction]*OF[Cte]*(44/12)						
Nitrous Oxide	0.00	0.00015						
Methane	0.01	0.0065						

Figura 132: Factores de emisión incineración abierta municipal.

La categoría 4D1 calcula el DBO a nivel nacional y mediante la variable Treatment Share distribuye el total nacional entre las diferentes categorías y tecnologías, como muestra la Figura 132. Para esta distribución es necesario tener en cuenta que el tratamiento se debe expresar por nivel y no respecto al total nacional. Es decir, la variable Treatment Share debe seguirla siguiente lógica: si el 85% de las aguas residuales son urbanas (Nivel 1), el 78% de estas cuenta con alcantarillado (Nivel 2), y de las aguas urbanas con alcantarillado el 5% se trata con letrina (nivel3). Finalmente, se incluyen las variables Recuperación y Uso CH4 para los casos en que sea aplicable o para modelar medidas de mitigación.

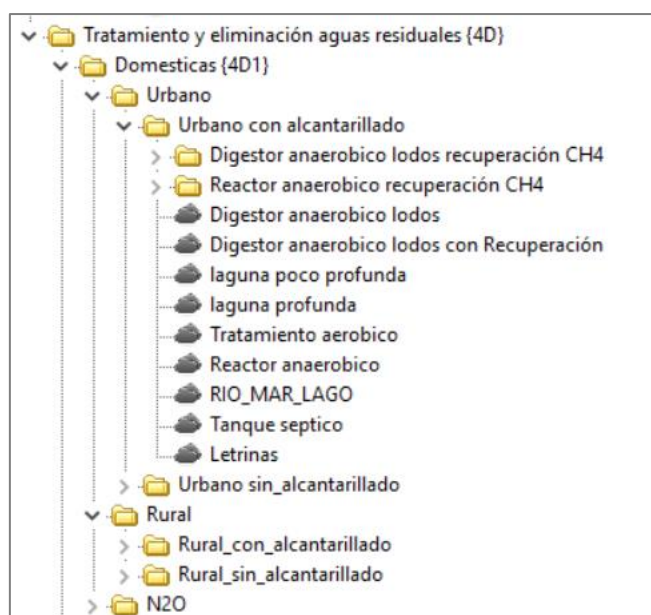


Figura 133: Estructura tratamiento de aguas residuales domésticas.

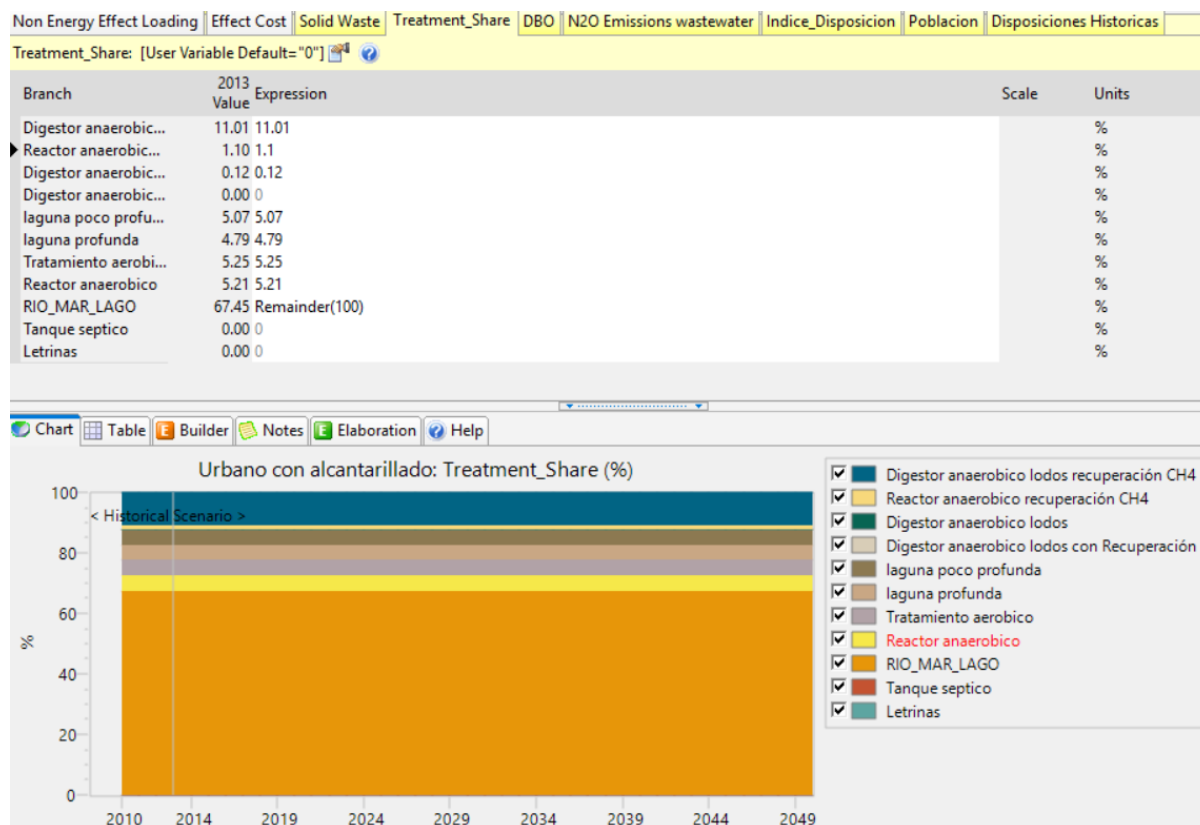


Figura 134: Distribución tratamiento aguas residuales urbanas con alcantarillado.

A diferencia de la categoría 4D1, la categoría 4D2 está asociada con la actividad industrial. Por lo cual se deben ingresar parámetros específicos de cada sector, como lo son los facetes de emisiones y la variable P producto industria, la cual define la cantidad de aguas residuales industriales. Este último es el parámetro de entrada de esta categoría. Se deben ingresar los valores históricos y luego asociar su crecimiento con el PIB sectorial. La Figura 134 da un ejemplo de los parámetros de entrada y las proyecciones.

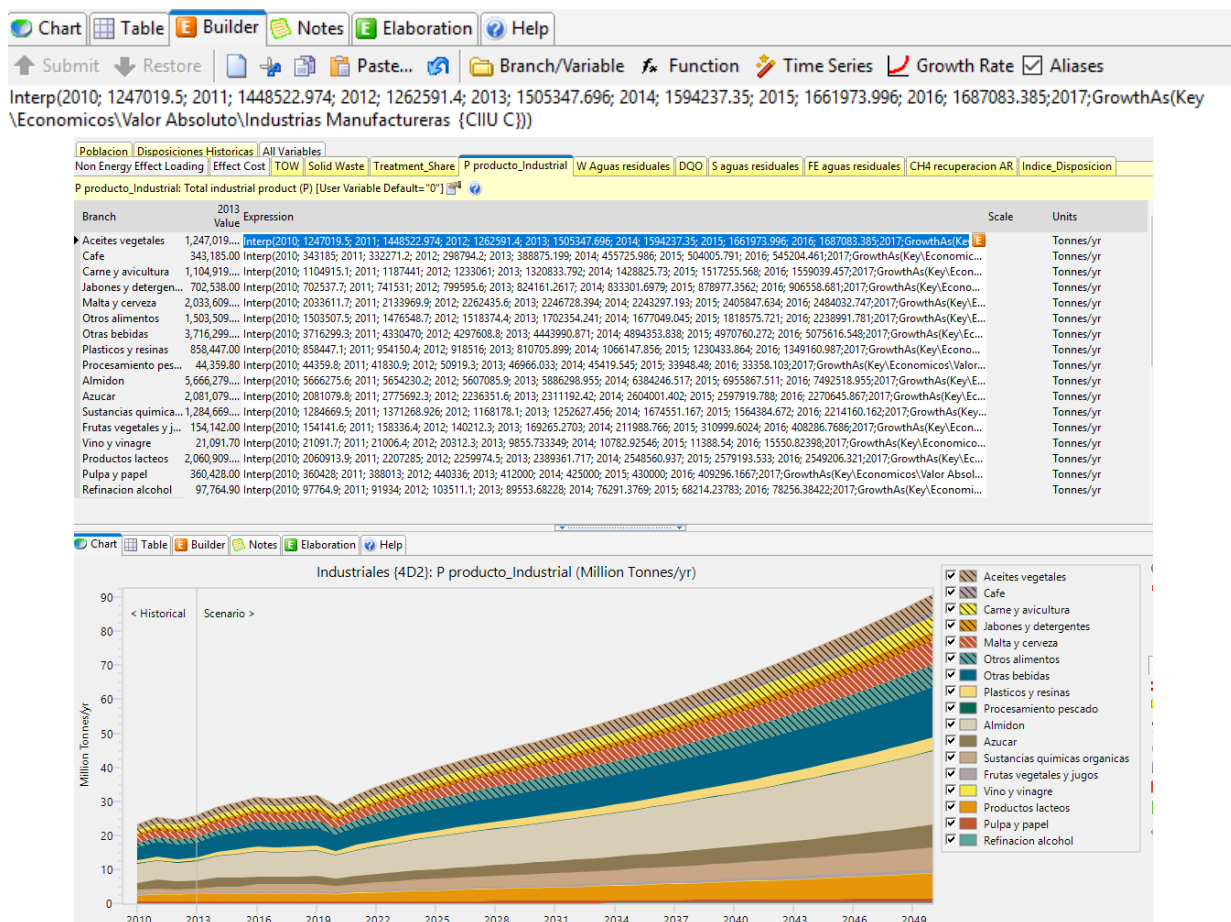


Figura 135: Información de entrada aguas residuales industriales y proyecciones asociadas al PIB sectorial.

## 11.2. Fórmulas y expresiones no modificables

Varias expresiones no se deben modificar puesto que son formulas y dependen de la información de entrada y ciertas constantes. Las expresiones se pueden ver en la Tabla 3, donde se dan ejemplos en los casos en que estas se repiten, como pasa en los rellenos sanitarios.

Tabla 3. Expresiones y formulas no modificables en el sector desechos.

Categoría	Variable	Expresión
4A1a	Non energy effect loading	DDOCm decompT[Gg] * (F[Factor])*(16/12)- CH4 Recovery[Gg] - Uso_CH4[Gg]
	DDOCmdT	Solid Waste[Gg]*DOC*DOCF[Factor]*MCF[Factor]
	DDOCmaT	DDOCmdT[Gg] + ( If(prevyear=2009; DDOCmaT in 2009[Gg]; PrevYearValue(Comida:DDOCmaT[Gg]))~*Exp(-k landfill[Factor]))
	DDOCm decompT	If(prevyear=2009; DDOCmaT in 2009[Gg]; PrevYearValue(DDOCmaT[Gg])) * (1-Exp(-k landfill[Factor]))
	k landfills	Key\Residuos\Composicion Residuos\Alimentos:kValue moist and wet[Fraction]
4A1b	Non energy effect loading	DDOCm decompT_4A1b[Gg] * (F[Factor])*(16/12)
	DDOCmdT_4A1b	Solid Waste[Gg]*DOC*DOCF[Factor]*MCF[Factor]
	DDOCmaT_4A1b	DDOCmdT_4A1b[Gg] + ( If(prevyear=2009; DDOCmaT in 2009_4A1b[Gg]; PrevYearValue(Comida:DDOCmaT_4A1b[Gg]))~*Exp(-k value_4A1b[Factor]))
	DDOCm decompT_4A1b	If(prevyear=2009; DDOCmaT in 2009_4A1b[Gg]; PrevYearValue(DDOCmaT_4A1b[Gg])) * (1-Exp(-k value_4A1b[Factor]))



4A3	Non energy effect loading	DDOCm decompT_4A3[Gg] * (F[Factor])*(16/12)
	DDOCmdT_4A3	Solid Waste[Gg]*DOC*DOCF[Factor]*MCF[Factor]
	DDOCmaT_4A3	DDOCmdT_4A3[Gg] + ( If(prevyear=2009; DDOCmaT in 2009_4A3[Gg]; PrevYearValue(Comida:DDOCmaT_4A3[Gg]))~*Exp(-k value_4A3[Factor]))
	DDOCm decompT_4A3	If(prevyear=2009; DDOCmaT in 2009_4A3[Gg]; PrevYearValue(DDOCmaT_4A3[Gg])) * (1-Exp(-k value_4A3[Factor]))
4B	Non energy effect loading	Solid Waste[Gg]*FE tratamiento biologico[Tonne/Tonne SW]
	Solid Waste	Tratamiento biológico de desechos sólidos {4B}:Solid Waste[Gg] ~*(Treatment_Share/100)
4C	Non energy effect loading	Municipal:Solid Waste[Gg]*EF_Incineration[Gg/GgMSW]
	Solid Waste	Incineración e incineración abierta {4C}:Solid Waste[Gg] *(Treatment_Share/100)
4D1	DBO	Key\Demograficos\Poblacion[Million Personas]*Key\Residuos\Aguas residuales\DBO[kg DBO/cap/yr]
	DBO (niveles)	Domesticas {4D1}:DBO[Gg/yr] *(Treatment_Share/100)
	Non energy effect loading	(Key\Residuos\Aguas residuales\Emisiones tratamiento aguas\Digestor anaerobico lodos[kg CH4/kg DBO]*DBO[Gg/yr] -Key\Residuos\Aguas residuales\Extraccion de lodos[Gg BOD/yr])*1.25 ~- Recuperación_CH4[GgCH4]- Uso_CH4_PTAR[Gg]
4D2	Non energy effect loading	((TOW[kg DQO/año]-S aguas residuales[kg COD/yr])*FE aguas residuales[kg CH4/kg COD]-CH4 recuperacion AR[kg CH4/year] )/1e6
	TOW	P producto_Industrial[Tonnes/yr] *W Aguas residuales[m3/t]*DQO[kg DQO/m3]

## 12. Indicadores

“Indicadores” es una herramienta útil para el análisis. Aquí se calculan varios indicadores clasificados como “energy”, “emissions” y “others”. Explicamos Indicadores relacionados con la Energía, como ejemplo. Si hace clic en “Intensidad Energética” todos los indicadores de energía definidos aparecen debajo de este nivel (Figura 135). En el lado derecho de la figura, se puede ver la fórmula creada para calcular un indicador en particular (rectángulo verde), también se puede ver la fórmula en "Builder" (rectángulo azul). El usuario puede añadir otro indicador si lo desea. Al ejecutar el modelo, aparecerán estos valores del indicador.

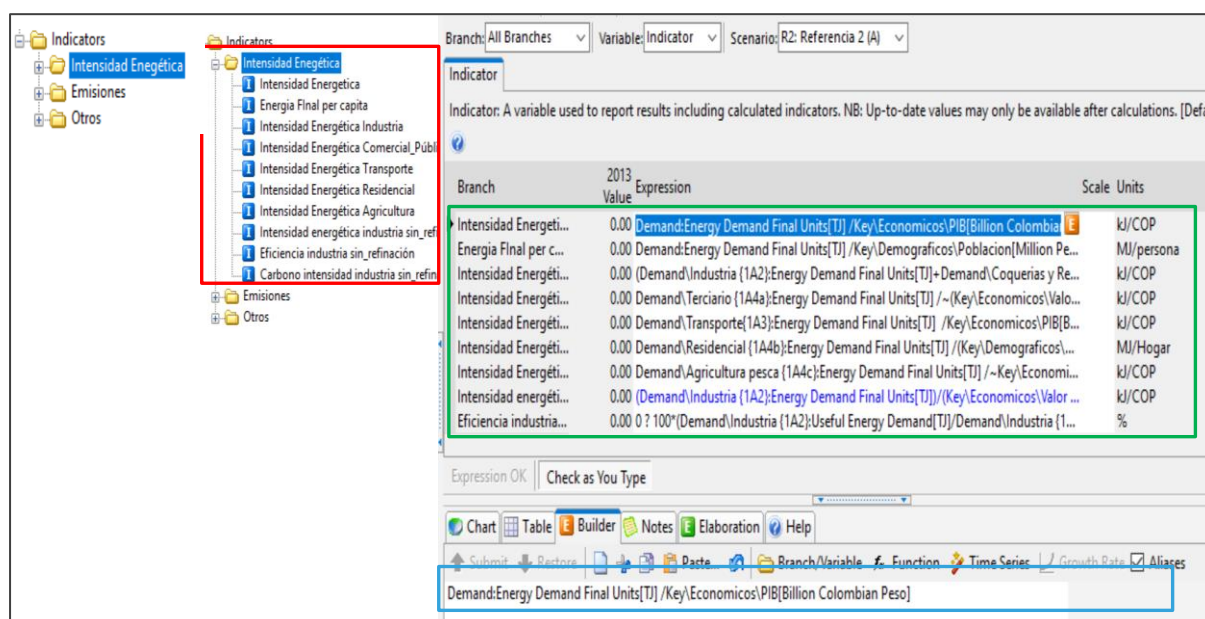


Figura 136: Descripción de Intensidad Energética.

### 13. Escenarios de mitigación

Hay 53 acciones de mitigación, cada una de ellas se traduce en un escenario de mitigación, con un total de 53 escenarios de mitigación. Cada una de estas acciones traducidas en el escenario de mitigación se muestra dentro del rectángulo rojo (por ejemplo, TRA00:TRA Move 1, etc Figura 136).

Además, aquí hay dos escenarios de mitigación integrados, el escenario de mitigación M1 combina las 53 medidas de mitigación en un escenario de mitigación integrado que evalúa el potencial total de mitigación. Además, hay un escenario M3 que se basa en el escenario M1, sin embargo, algunas de las acciones de mitigación se mejoran para aumentar el potencial de mitigación, lo que resulta en un escenario de NDC con mayor ambición en lo que respecta a la mitigación de GEI.

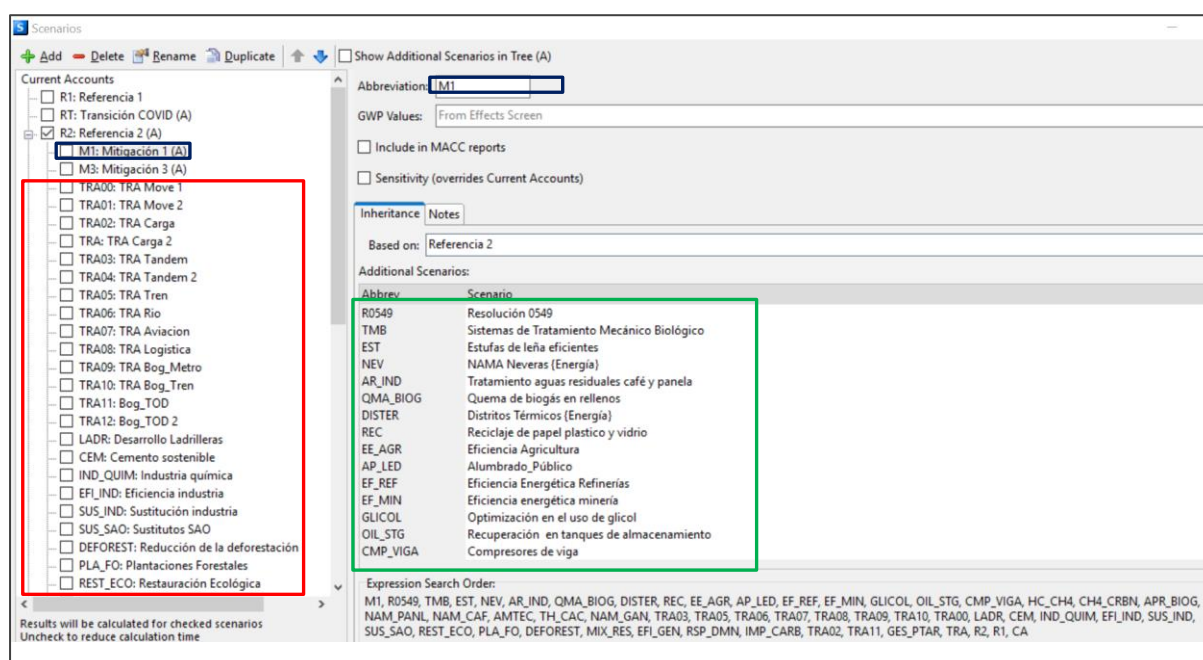


Figura 137: Descripción de Intensidad Energética.

Para crear escenarios de mitigación en el modelo LEAP, agregamos componentes en la sección “Key Assumption” (Figura 138)

→ Precios combustibles: en donde los precios de los combustibles se ingresan principalmente para modelar el impuesto sobre el carbono para los combustibles fósiles.

La acción de mitigación incluye todas las medidas de mitigación por parte de los ministerios que se modelan para formar escenarios de mitigación.

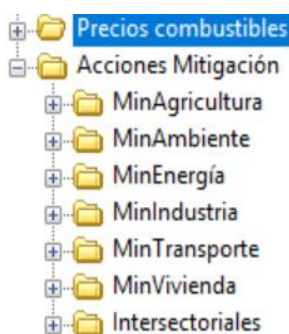


Figura 138: Sección “Key Assumption” para escenarios de mitigación

Nos centramos primero en “Precios combustibles”, que es efectiva para el escenario IMP\_CARB: Impuesto al Carbono (Figura 139). En este escenario, se calcula el precio de todos los combustibles que incluye el impuesto al carbono. Ya se ha explicado “Precios combustibles” en el escenario de referencia. En el cuadro de escenario, si hace clic en “IMP\_CARB: Impuesto al Carbono”, entonces aparece la expresión como se muestra dentro del rectángulo azul, que calcula el precio de los combustibles fósiles que incluye el impuesto al carbono. Para profundizar más, tenemos que examinar “Acciones Mitigation” donde se define el impuesto al carbono de los combustibles fósiles.

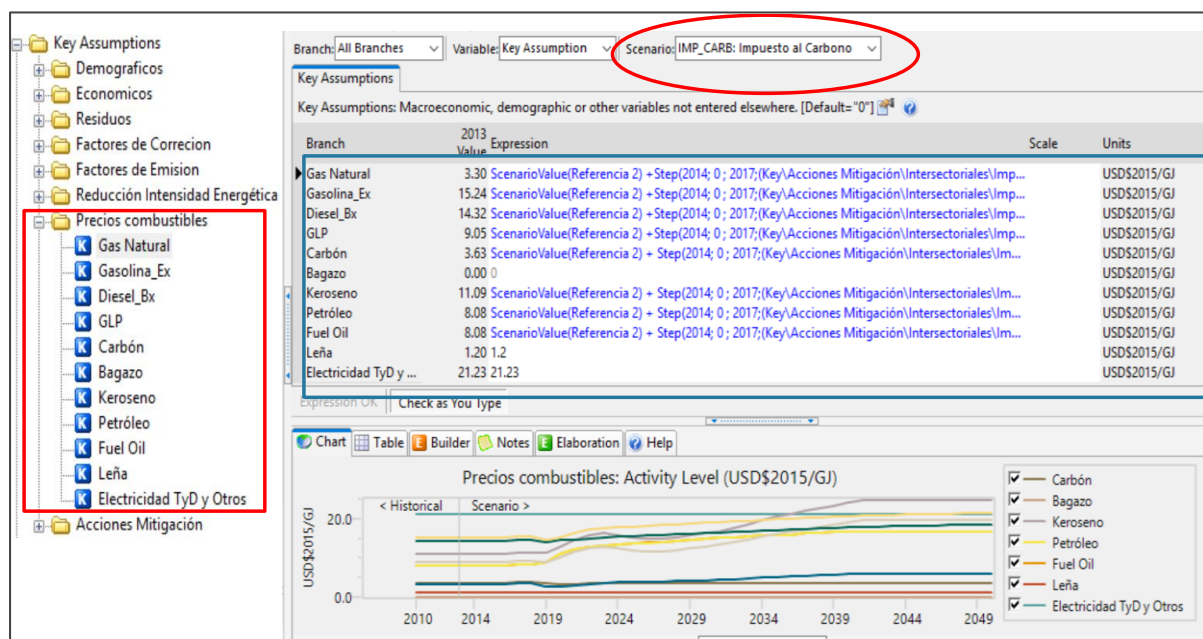


Figura 139: Cálculo del precio del combustible en el marco de la medida fiscal sobre el carbono.

Haga clic en “Acciones Mitigation” y luego haga clic en “Intersectoriales” y más abajo en “Impuesto al carbon” dentro del rectángulo verde en el lado izquierdo del modelo LEAP (Figura 140). A continuación, en el lado derecho del modelo, en el cuadro de escenario, busque “IMP\_CARB: Impuesto al Carbono” de la lista Escenario y haga clic (mostrado dentro de la elipse de color rojo). Luego, en el botón “Key Assumptions”, la expresión aparece, en la parte superior, en la primera fila (dentro del rectángulo negro), el valor del impuesto sobre el carbono en términos de US\$ por tonelada de CO<sub>2</sub> se brinda. A partir de su año de implementación 2017, aumenta durante el período de modelado (Tabla dentro del rectángulo negro). Para la fuente de información, consulte la sección “Notes”. No se utilizan todos los demás botones. El valor del impuesto sobre el carbono se puede actualizar/cambiar.

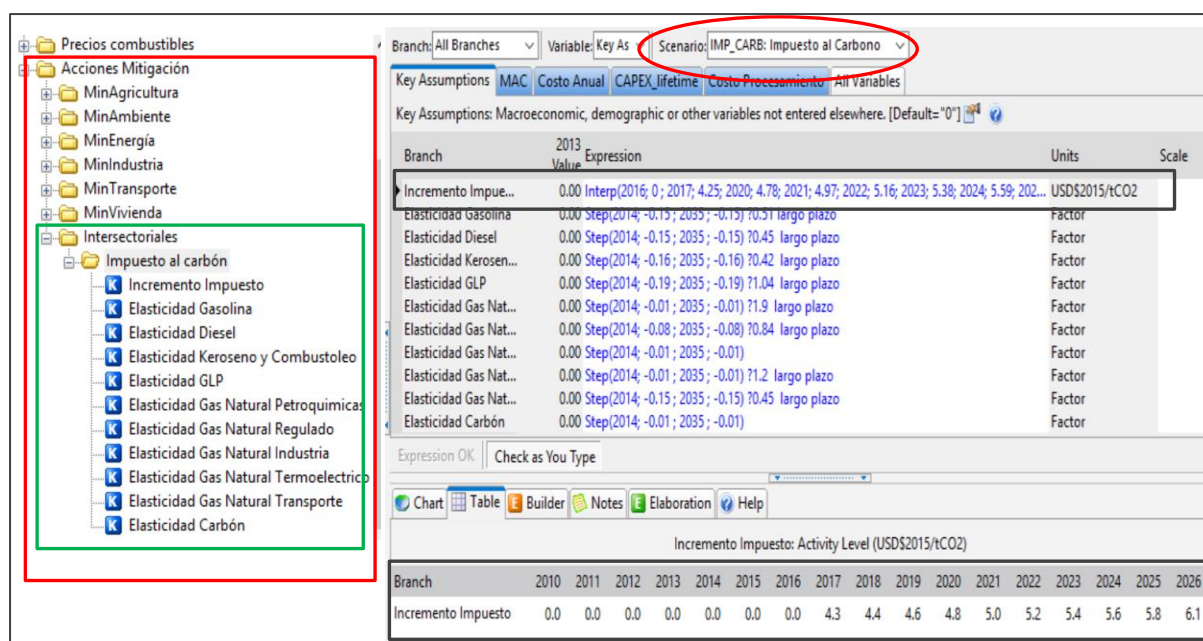


Figura 140: Suposición clave sobre los valores de los impuestos sobre el carbono

Por debajo del impuesto sobre el carbono, se define la elasticidad del precio de la demanda de los combustibles. La expresión y los valores se pueden ver dentro del rectángulo negro (Figura 141). Para obtener información, haga clic en la sección "Notes". El valor de elasticidad del precio se puede cambiar/actualizar con mejor información.

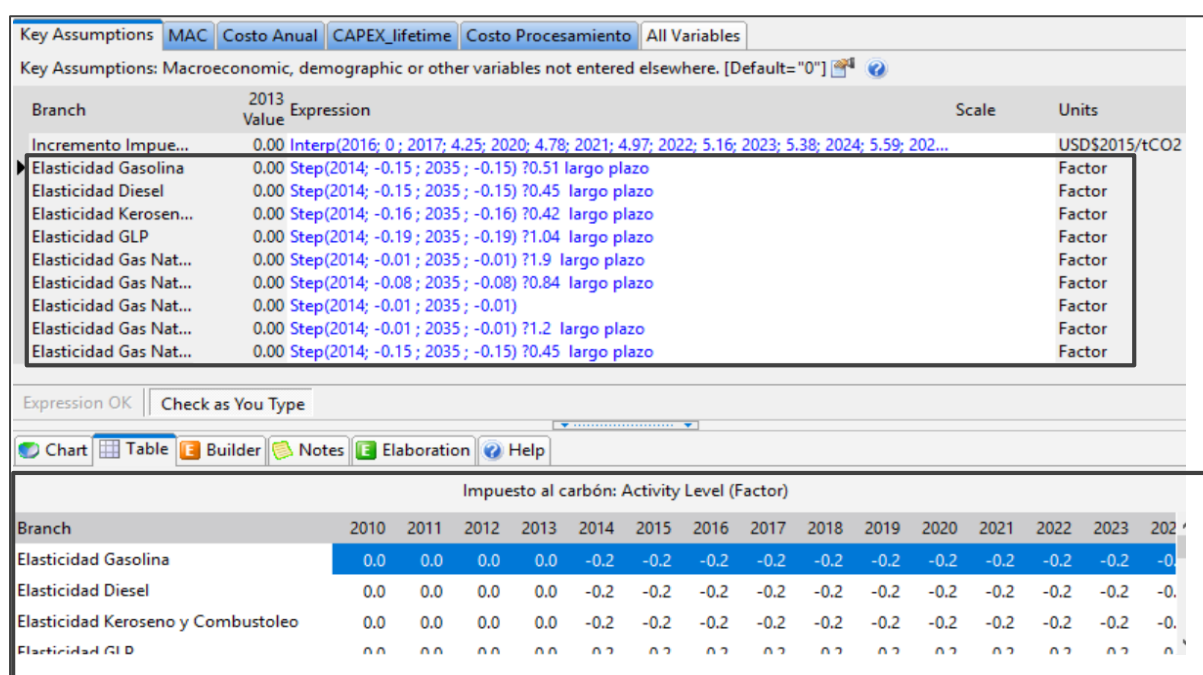


Figura 141: Suposición clave sobre la elasticidad del precio de los combustibles fósiles

Volviendo a "Precios combustibles", la expresión en este escenario (IMP\_CARB:Impuesto al Carbono) calcula el precio de los combustibles fósiles en el impuesto sobre el carbono, teniendo en cuenta el precio en el escenario de referencia, y los valores del impuesto sobre el carbono y la elasticidad definidos en Acciones Mitigation ya explicada (Rectángulo negro, Figura 142). La expresión se puede ver más adelante haciendo clic "Builder". El usuario no necesita cambiar la expresión. El valor



calculado del precio en este escenario se puede ver haciendo clic en la tabla, que se muestra dentro del rectángulo verde.

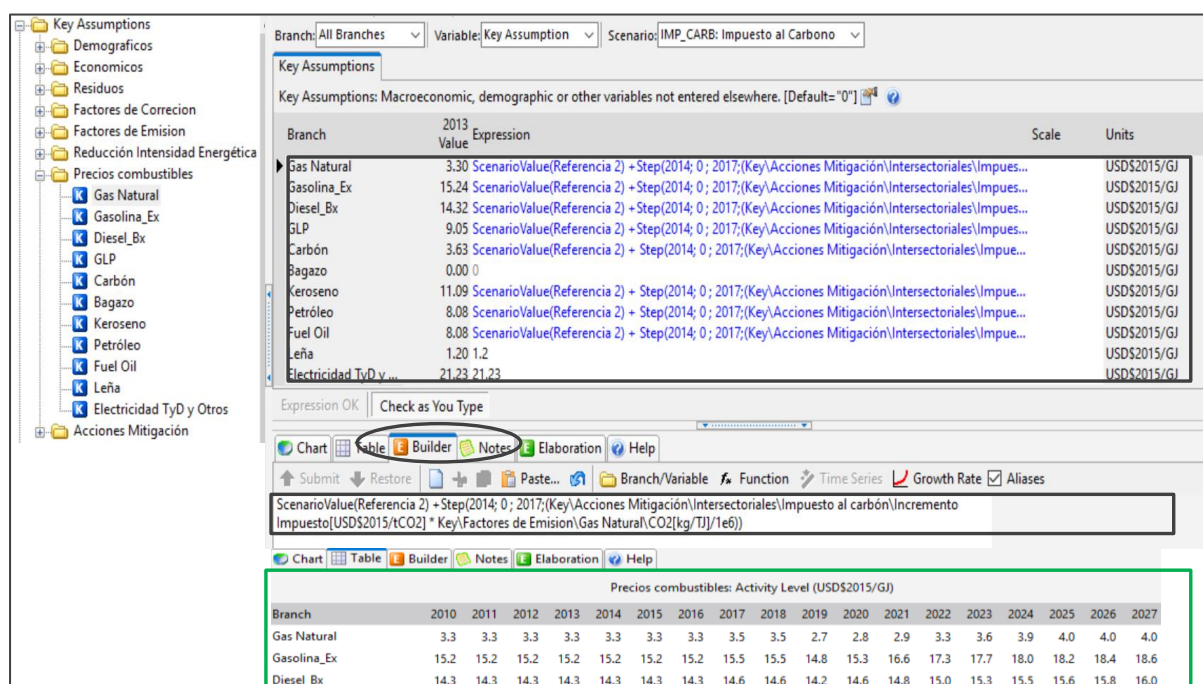


Figura 142: Cálculo del precio de los combustibles fósiles en el impuesto sobre el carbono

Hemos seleccionado dos acciones de mitigación para explicar cómo se han traducido en escenarios de mitigación:

- EST: Estufas de Leña eficientes
- EFI\_IND: Eficiencia Industria

### Escenario de mitigación EST: Estufas de leña eficientes

La acción de mitigación “Estufas de Leña” considera la sustitución de las estufas de leña tradicionales en los hogares rurales por estufas más eficientes. Se asume que para 2030, 777.000 hogares rurales tendrán cocinas eficientes y el número seguirá siendo el mismo hasta 2050. Para obtener más información y el origen de esta información, consulte el informe sobre el escenario de mitigación. Se explica cómo se ha modelado en LEAP. En LEAP se crea un escenario denominado “EST: Estufas de Lena eficientes”. Vaya a la pantalla de escenario y defina el escenario “EST: Estufas de Lena eficientes” (rectángulo negro en la Figura 143)

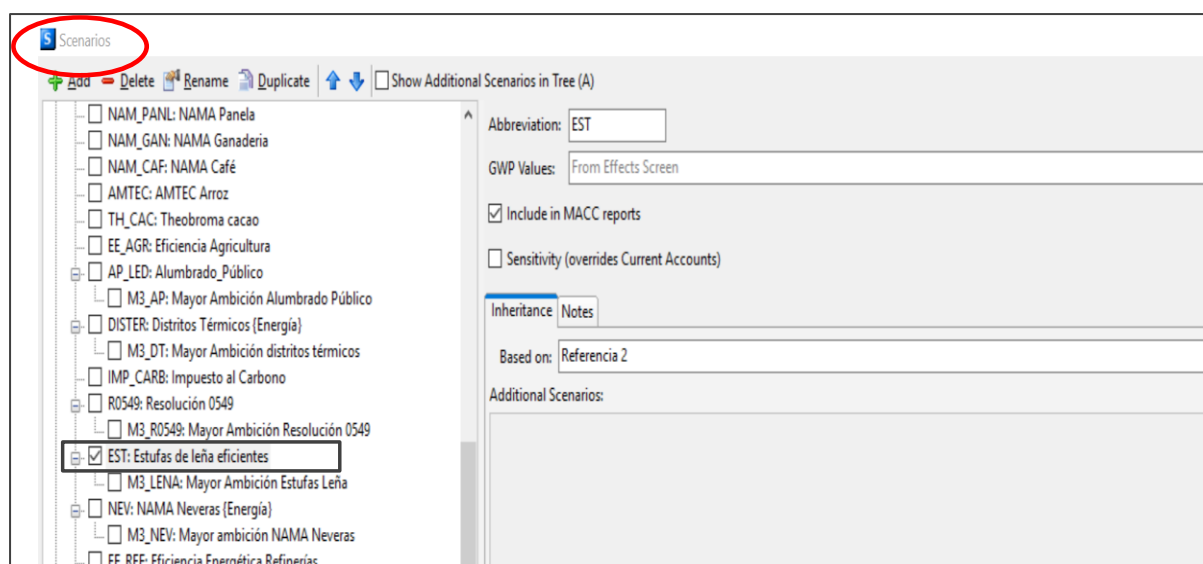


Figura 143: Ilustración del escenario de mitigación “Estufas de leña eficientes”

Ahora cierre la ventana Escenario y vuelva a “Analysis” screen. En “Key Assumption”, una categoría “Acciones Mitigacion” se crea para proporcionar datos/suposiciones relacionadas con todas las acciones de mitigación que se consideran (Figura 82). Las medidas de mitigación se clasifican en diferentes ministerios como MinAgricultura, MinAmbiente etc, creado el siguiente nivel para la categoría “Acciones Mitigacion”. La medida de mitigación “Estufas de Leña” es definida en “MinAmbiente”. Al dar clic en “MinAmbiente”, aparecerá “Estufas de Lena” (rectángulo rojo, Figura 83). En el lado derecho de la Figura 83, en el cuadro Escenario (elipse de color rojo), haga clic en el escenario (Figura 145) “EST: Estufas de leña eficientes” de la lista de escenarios.

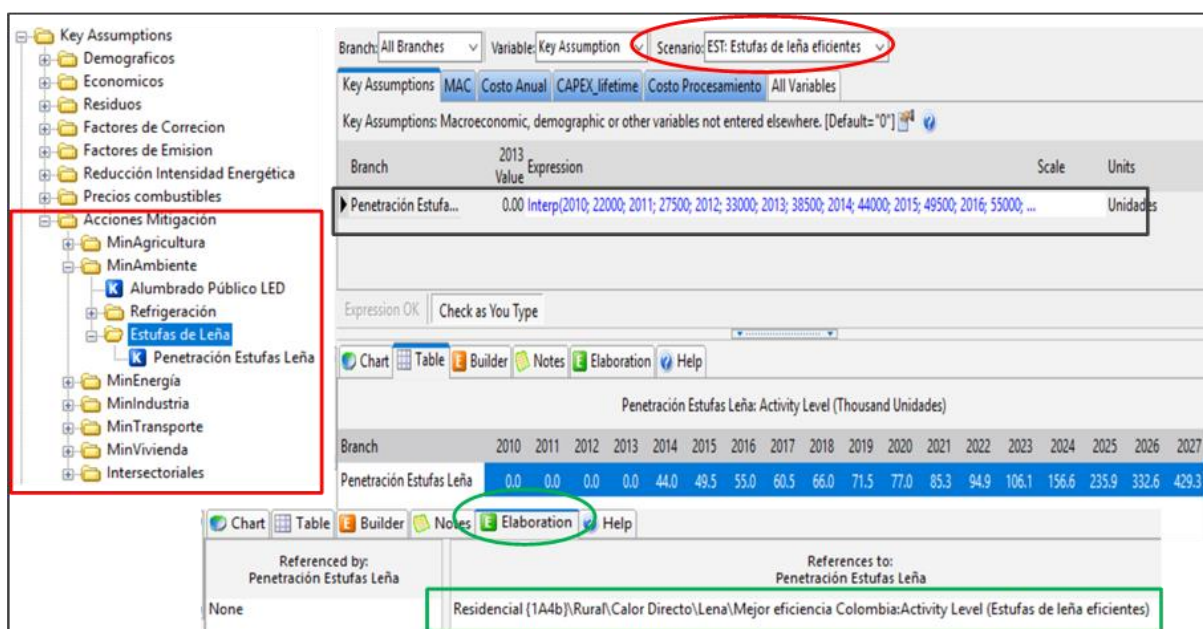


Figura 144: Definición de valores para la medida de mitigación “Estufas de leña eficientes”



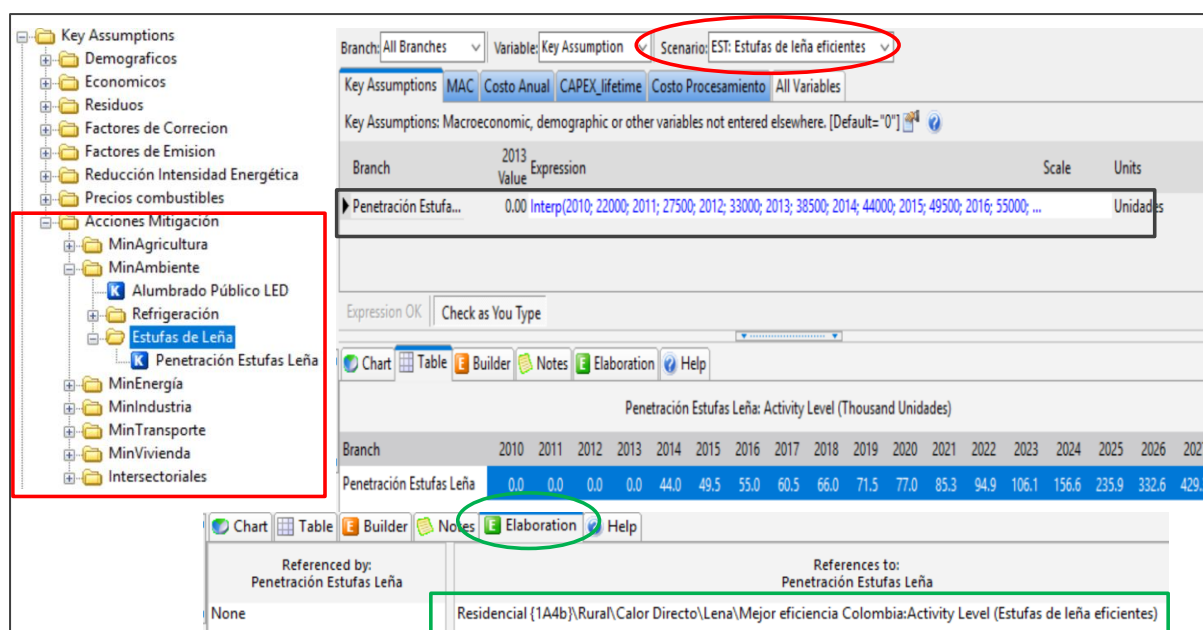


Figura 145: Definición de valores para la medida de mitigación "Estufas de leña eficientes"

Únicamente el botón "Key Assumption" está activo, los botones restantes no son relevantes. En supuestos clave, "Key Assumption", a través de "Interpolation function", el número de hogares rurales se calcula de modo que para 2030 el total de hogares rurales con cocina eficiente se convierta en 777.000. Al hacer clic en la tabla, se pueden ver los valores en los años intermedios. Este número se puede cambiar, por ejemplo, se puede aumentar para obtener un reemplazo más rápido de cookstove ineficiente y el usuario puede cambiar los datos. Al hacer clic en "Elaboration", se puede ver que estos valores se utilizan en el sector residencial rural para el uso final "Calor Directo" utilizando madera (dentro del rectángulo verde, Figura 83). Así que en el siguiente paso, vamos allí. Figura 145

Así que vaya a "Demand" y luego siga Residential → Rural → Calor Directo → Lena

En Leña, tecnologías de estufas de cocción con tres niveles de eficiencia se definen, "Eficiencia Existente", "Mejor Eficiencia Colombia", y "Mejor Eficiencia Internacional" (Figura 146). Ahora en el lado derecho, en el cuadro Escenario, haga clic en R2: Referencia 2(A) en la lista de escenarios, es decir, seleccione Escenario de referencia. Ahora, al hacer clic en el botón, "Activity Level" (dentro de la elipse roja), los datos que se muestran dentro del rectángulo verde, son la proporción (%) de los hogares rurales con estufa de cocina de diferentes niveles de eficiencia "Eficiencia Existente", "Mejor Eficiencia Colombia" y "Mejor Eficiencia Internacional" en el escenario de referencia. Por ejemplo, para el año 2016, en el escenario de Referencia, las participaciones de hogares con estufas de cocina con "Eficiencia Existente", "Mejor Eficiencia Colombia" y "Mejor Eficiencia Internacional" son respectivamente 99.1%, 0.9% y 0% (ver la tabla dentro del rectángulo de color amarillo debajo).

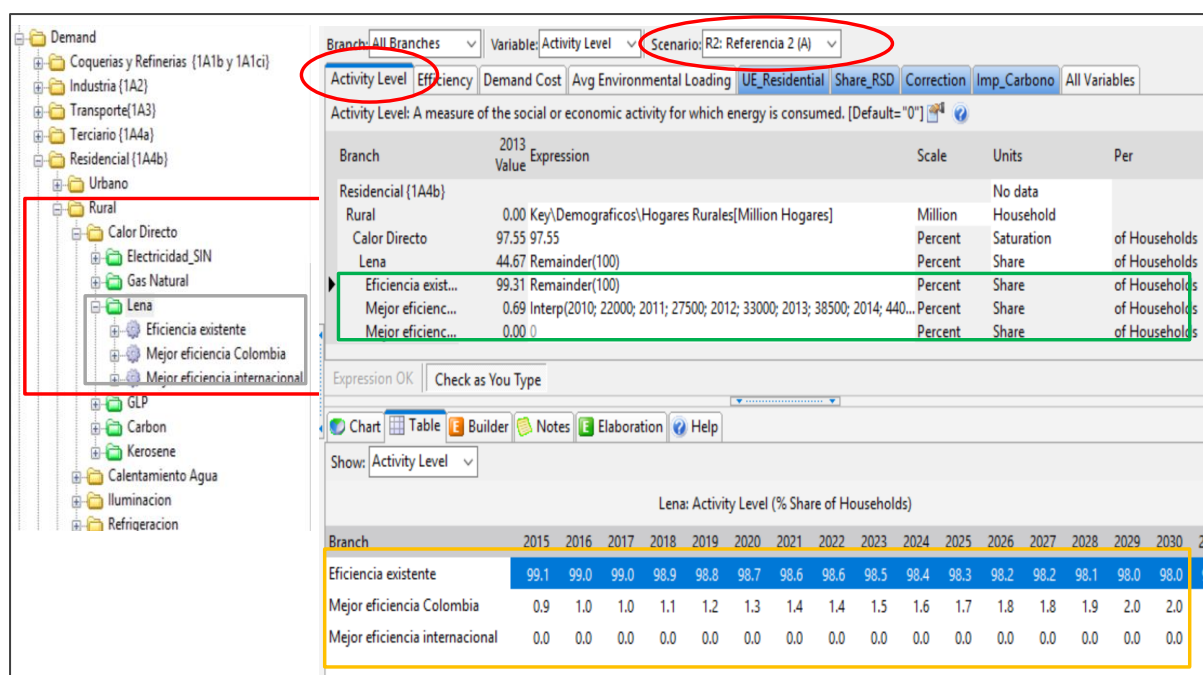


Figura 146: Datos de escenarios de referencia relacionados con la estufa de leña

Ahora en el escenario de mitigación “Estufas de leña eficientes”, esta proporción cambiará ya que los hogares con una cocina más eficiente “Mejor Eficiencia Colombia” incrementará. En número absoluto, esto es 777.000 para 2030 y la participación se puede calcular y para los años intermedios, la participación se interpolará.

Ahora en el cuadro Escenario (Figura 147), seleccionamos “EST: Estufas de Leña eficientes”, y se da clic en Activity Level nuevamente. El cambio de información en este escenario es la proporción de hogares con estufas de cocina de diferente nivel de eficiencia, con mayor “Mejor Eficiencia Colombia”, y ningún cambio en otra información. Figura 147. La fórmula para el cálculo de la participación es mostrada en el rectángulo negro. Se puede hacer clic en el botón Builder, también, para tener una mejor visión de la fórmula. Por favor, también revisar la sección “Notes” para más información. Por favor, haga clic en “Table” para ver los nuevos valores de proporciones correspondientes a este escenario. Al ejecutar el modelo, obtendrá resultados para este escenario.

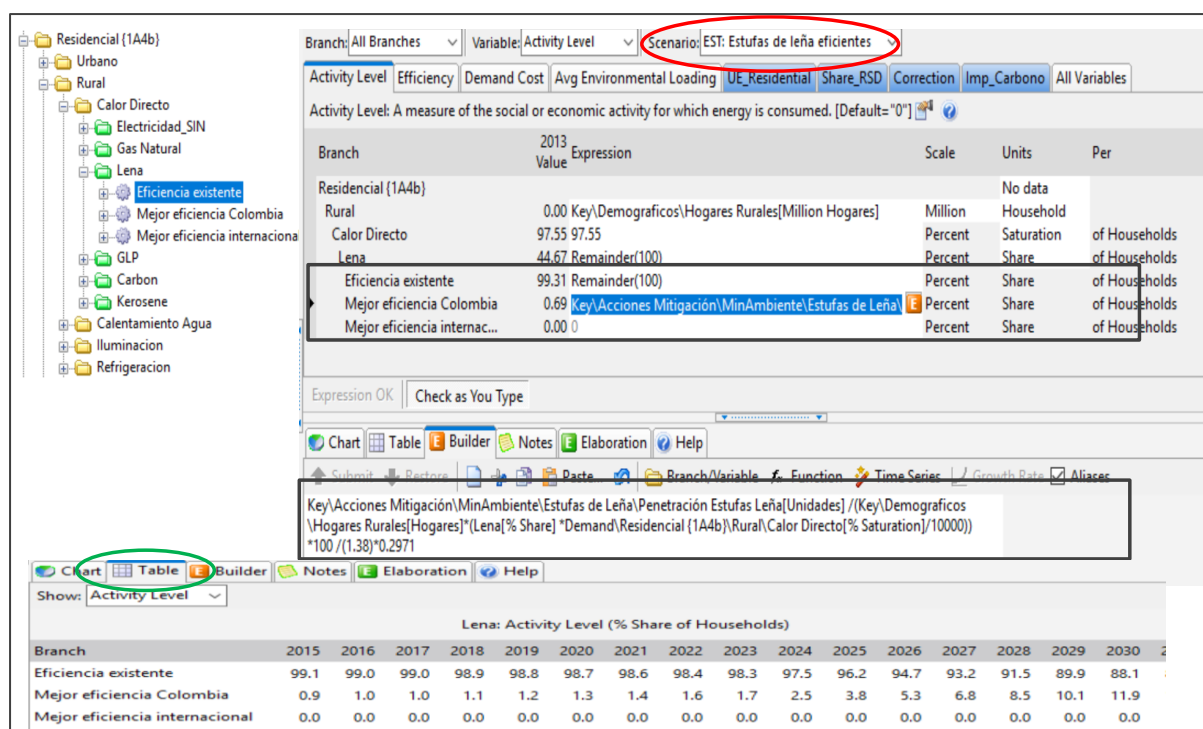


Figura 147: Creación de escenarios de mitigación " EST: Estufas de Leña eficientes"

### Escenario de mitigación - EFI\_IND: Eficiencia Industria

Esta acción de mitigación supone una mejora en la eficiencia energética de los dispositivos utilizados para satisfacer la demanda de energía para diversos usos finales como Calor Directo, Calor Indirecto, Fuerza Motriz etc. Para subsectores industriales como Hierro y Acero, Metales No ferrosos, etc hay dos tipos de uso final, Calor Directo, y Calor Indirecto que necesitan energía térmica que se satisfaga a través de varios combustibles como gas, carbón etc., y luego el uso final basado sólo en la electricidad como la refrigeración, la iluminación, etc. En el escenario de referencia, para ambos tipos de usos finales, se definen tres niveles de eficiencia energética para el dispositivo en función de un combustible determinado, como el gas natural o la electricidad. Estos tres niveles de eficiencia son "Eficiencia Existente", "Mejor Eficiencia Colombia" y "Mejor Eficiencia Internacional". El primero representa el nivel medio de eficiencia actual en el país y menor que los otros dos. En el escenario de referencia, no se asume ninguna mejora de eficiencia durante el período de modelado. El 100% de los dispositivos tendrían un nivel de eficiencia de "Eficiencia Existente" durante todo el período de modelado. Se puede ver en la Figura 148.

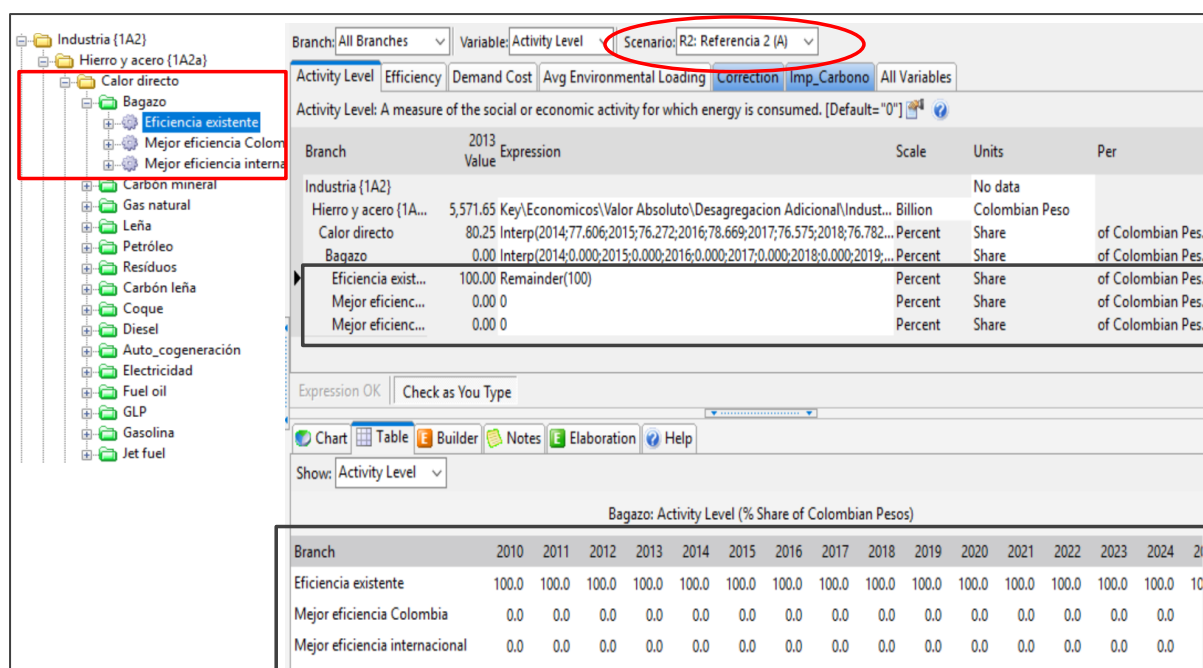
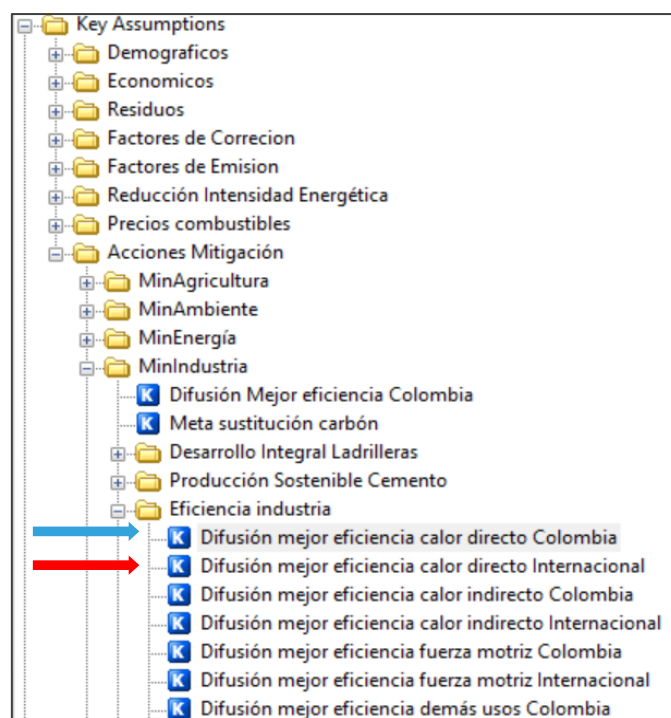


Figura 148: Representación de datos de eficiencia energética en el sector industrial en el escenario de referencia

Sin embargo, esta medida de mitigación supone una mejora de la eficiencia para todos los usos finales industriales basados en diversos combustibles. Así que con el tiempo, la proporción de los dispositivos con 'Eficiencia Existente' declinará y será reemplazado por los dispositivos con nivel de eficiencia "Mejor Eficiencia Colombia" a partir de 2020, y luego a partir de 2031 la penetración de dispositivos con un nivel de eficiencia aún mayor "Mejor Eficiencia Internacional".

En los siguientes pasos, explicamos el proceso de implementación de esta medida como escenario llamado "EFI\_IND: Eficiencia Industria". En la sección Escenario, primero debe crear este escenario.



*Figura 149: Suposiciones clave creadas para definir el escenario de eficiencia energética industrial*

Para implementar este escenario, la suposición sobre el aumento de la participación de los dispositivos de uso final con mayor nivel de eficiencia se define en Key Assumption (Figura 149). Así que para Key Assumption, dentro de la categoría “Acciones Mitigación”, una sub-categoría “MinIndustria” es definida. Si hace clic en esto, se encuentra con “Eficiencia Industria”.

Debajo de este nivel, “Difusión mejor eficiencia calor directo Colombia” expresa la participación futura de los dispositivos con nivel de eficiencia “Mejor eficiencia Colombia”, para el uso final “Calor Directo” y esta proporción se aplica a todos los subsectores industriales. Una explicación similar se aplica para “Difusión mejor eficiencia calor directo Internacional” (Figura 149).

En el lado derecho, en el cuadro Escenario (Figura 150), haga clic en “EFI\_IND:Eficiencia industria” de la lista de escenarios. Si ahora hace clic en el botón “Key Assumptions” (Figura 150), se puede ver en la Expresión, entrada de la fórmula (interpolación) con respecto a la proporción de los dispositivos con mayor eficiencia. Si hace clic en “Table”, entonces se puede ver el valor calculado de la proporción. Por ejemplo, la participación de los dispositivos para el uso final “Calor Directo” con nivel de eficiencia “mejor eficiencia Colombia” en 2024 fue del 31%, mientras, la proporción de los dispositivos con eficiencia “mejor eficiencia Internacional” es cero a medida que comienza a penetrar a partir de 2031 (proporción del 3%). Estos valores de proporción pueden ser cambiados/actualizados por el usuario.

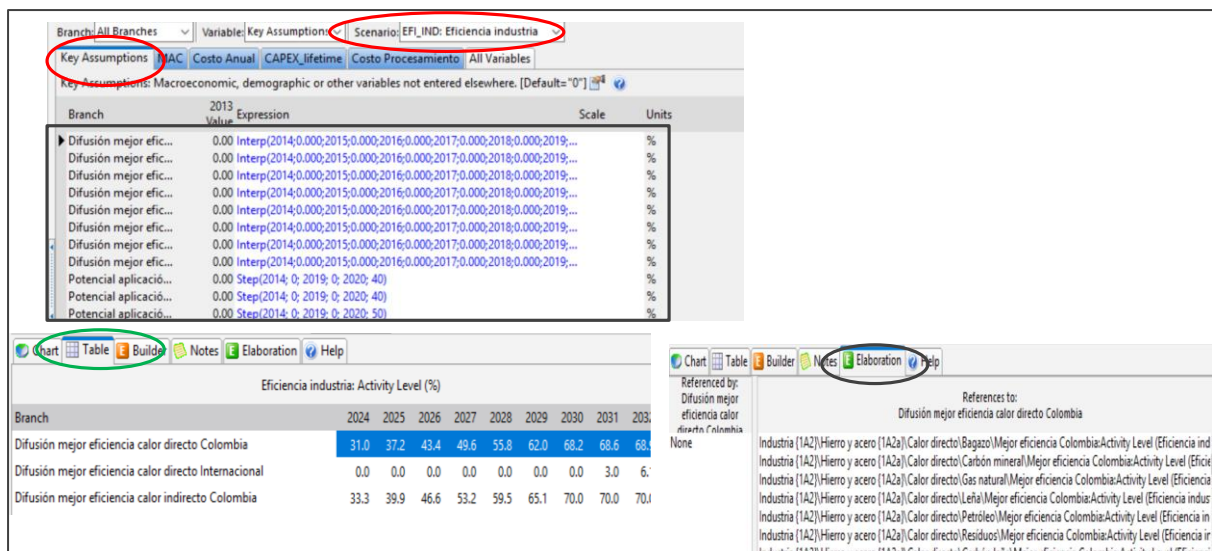


Figura 150: Representación de la información en el escenario de mitigación “EFL\_IND:Eficiencia industria”

Si hace clic en “Elaboration”, se puede ver que estos valores se utilizan en diferentes categorías de subsectores industriales para “Activity level” opción “Eficiencia” (Figura 150). Para ello, haga clic en “Industria (1A2)” dentro de Demana (Figura 151). Luego siga como se muestra en el rectángulo de color rojo en la Figura 151. Para el subsector industrial “Hierro y acero”, haga clic en el uso final “Calor Directo” y combustible “Bagazo” dentro de este

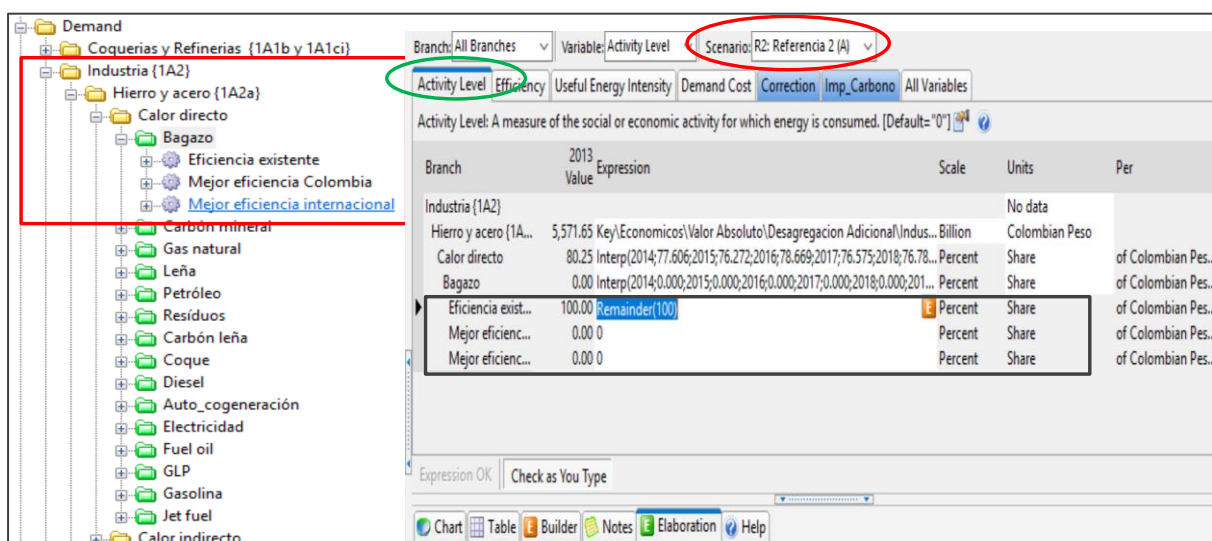


Figura 151: Representación de la participación del nivel de eficiencia energética en el sector industrial en el escenario de referencia

Como se ha explicado, hay tres niveles de eficiencia, “Eficiencia existente” y así sucesivamente. En el lado derecho del modelo LEAP, si hace clic en “reference scenario” “R2: Referencia 2 (A)”, y luego “Activity Level”, usted ve la proporción de estos tres niveles de eficiencia, por ejemplo, la proporción de “Eficiencia existente” como 100% y cero para las restantes dos. Ahora en el cuadro Escenario, elija el escenario, “EFF\_IND: Eficiencia industria”, y luego haga clic en “Activity level” (Figura 152). Ahora parte de estos niveles de eficiencia, se sustituye por la expresión (rectángulo negro) que calcula la proporción futura de los niveles de eficiencia. Esta expresión utiliza



el valor definido en “Key Assumption” que ya hemos explicado. Si hace clic en “Builder”, se puede ver la expresión completa.

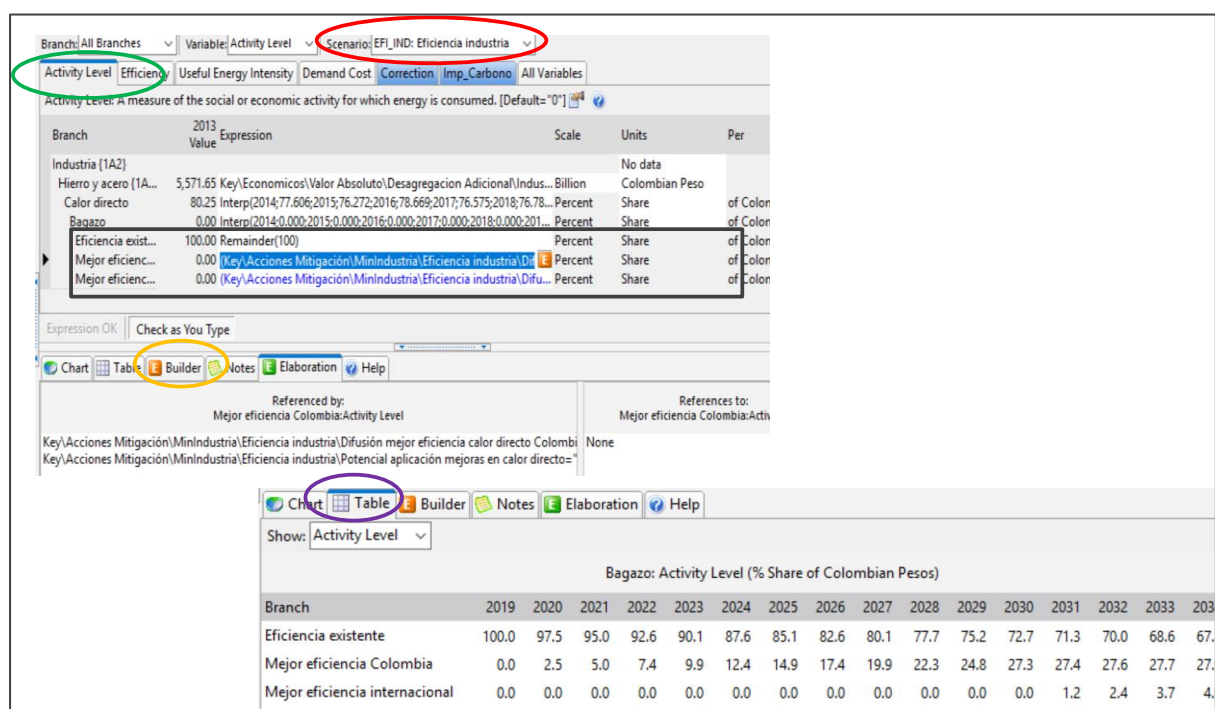


Figura 152: Representación de la participación del nivel de eficiencia energética en el sector industrial para escenarios de mitigación

Ahora, si hace clic en “Table” (Figura 152), verá los valores de proporción futura de estos tres niveles de eficiencia, que cambian con el tiempo, mientras que permanecieron iguales en el escenario de referencia. Por ejemplo, las proporciones, respectivamente, 72.7%, 27.3% y 0% para 2030 en este escenario, mientras que, estos fueron 100%, 0% y 0% en el escenario de Referencia. Ahora, si ejecuta el modelo para este escenario, obtendrá los resultados sobre los impactos de la mejora de la eficiencia en la demanda de energía y las emisiones de GEI.

## 14. Referencias

DANE. (2020, June). Proyecciones y retroproyecciones de población. Retrieved August 25, 2020, from Proyecciones y retroproyecciones de población 1950-2070 website: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>