



PLAN ENERGÉTICO NACIONAL 2020- 2050

- Documento de consulta -

Bogotá D.C., diciembre de 2019

La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) es una Unidad Administrativa Especial del orden Nacional, de carácter técnico, adscrita al Ministerio de Minas y Energía, regida por la Ley 143 de 1994 y por el Decreto número 1258 de Junio 17 de 2013.

Nuestra **Misión:**

Planear el desarrollo minero-energético, apoyar la formulación e implementación de la política pública y generar conocimiento e información para un futuro sostenible.

Nuestra **Visión:**

En el 2030 la UPME liderará la transformación minero - energética con innovación, responsabilidad y conocimiento.

1

Nuestros **Objetivos Estratégicos:**

No. 1: Generar valor público, económico y social, a partir del conocimiento integral de los recursos minero-energéticos.

No. 2: Incorporar las mejores prácticas organizacionales y tecnológicas que garanticen calidad e integridad de la gestión pública.

No. 3: Orientar el aprovechamiento y uso eficiente y responsable de los recursos minero – energéticos.

No. 4: Desarrollar las acciones necesarias que permitan materializar los planes, programas y proyectos formulados por la UPME.



REPÚBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE ENERGÍA

Ministra
Viceministro de Energía

María Fernanda Suárez Londoño
Diego Mesa Puyo

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA

Ricardo Ramírez Carrero
Director General

Carlos García Botero
Subdirector de Demanda

Sandra Leyva
Subdirectora de Hidrocarburos

Javier Martínez Gil
Subdirector de Energía Eléctrica

Ricardo Viana
Subdirector de Minería

COLABORADORES

German Leonardo Camacho Ahumada
Luis Alejandro Galvis Peñuela
Juan Francisco Martínez Rojas
William Alberto Martínez Moreno
Romel Alexander Rodríguez
Olga Victoria González González
Iván Darío Gómez
Oscar Patiño
Juan Camilo Torres
Jaime Andrade
Ibrahim Massy
Andrés Popayán
Héctor Herrera
Javier Martínez
Antonio Jiménez
Olga Ramírez
Marcela Bonilla Madriñán
Beatriz Herrera Jaime
Carolina Sánchez Ruiz

ASESORES EXTERNOS

Maria Teresa Szaur
Juan Mauricio Ramírez
Manuel Maiguashca
Gustavo Wilches
Armando Zamora
Carolina Obando

2

Contenido

Introducción	6
Resumen Ejecutivo	8
1. Antecedentes.....	9
1.1 Evolución histórica de la oferta y demanda de energía	10
1.2 Canasta energética actual por sectores de consumo.....	12
1.3 Indicadores energéticos	13
1.3.1 Intensidad energética	14
1.3.2 Intensidad de emisiones	15
1.4 Objetivos de política de largo plazo	16
1.4.1 Objetivo 1. Seguridad de suministro energético y diversificación de la matriz energética	16
1.4.2 Objetivo 2. Energía eje de desarrollo económico y prosperidad	16
1.4.3 Objetivo 3. Gestión ambiental del sector energético	16
1.4.4 Objetivo 4. Aseguramiento de cobertura a servicios y productos energéticos con inclusividad y desarrollo territorial.....	17
1.4.5 Objetivo 5. Eficiencia energética.....	17
1.4.6 Objetivo 6. Integración energética regional	17
1.4.7 Objetivo 7. Entorno habilitante para la implementación del PEN 2020 - 2050	18
2. Escenarios futuros de energía.....	18
2.1 Escenario 266.....	18
2.2 Escenario Nuevas Apuestas	19
3. Supuestos fundamentales	20
3.1 Demográficos.....	21
3.2 Crecimiento económico.....	24
3.3. Inflación y Precios de los Energéticos.....	27
3.4 Proyección de precios	29
3.4.1 Contexto internacional de formación de precios de hidrocarburos	30
4. Proyecciones de demanda y oferta de energía.....	33
4.1 Proyecciones de energía para el sector transporte	33
4.1.1 Consideraciones y supuestos de proyección para el sector transporte.....	35
4.1.2 Resultados de las proyecciones para el sector transporte	49
4.2 Proyecciones de energía para el sector industrial	51
4.2.1 Consideraciones y supuestos para las proyecciones del sector industrial.....	53

4.2.2 Resultados de las proyecciones para el sector industrial	54
4.3 Proyecciones de energía para el sector residencial	55
4.3.1 Consideraciones y supuestos para las proyecciones del sector residencial	58
4.3.2 Resultados de las proyecciones para el sector residencial	60
4.4 Proyecciones de en energía para el sector terciario	63
4.4.1 Consideraciones y supuestos para la proyección del sector terciario	66
4.4.2 Resultados de las proyecciones para el sector terciario	67
4.5 Proyecciones consolidadas de energía	68
4.5.1 Proyecciones de energía, Escenario 266	68
4.5.2 Proyecciones de energía en el Escenario de Nuevas Apuestas.....	71
4.5.2 Análisis comparativo de Escenarios de proyección	73
4.6 Indicadores de intensidad energética	75
5. Conclusiones y recomendaciones	78
Referencias Bibliográficas	80
Anexo 1, "Colombia energía en movimiento 1876 -2019"	82

Ilustraciones

Ilustración 1 Participación porcentual por sectores en el consumo final de energía 1975-2018,_____	10
Ilustración 2 Participación porcentual de fuentes de energía en la composición de la oferta,_____	11
Ilustración 3 Consumo final de energía Colombia 2018 (PJ)_____	12
Ilustración 4 Canasta energética del sector transporte e industria 2018 _____	13
Ilustración 5 Canasta energética del sector residencial, comercial & público, otros 2018 _____	13
Ilustración 6 Distribución del Producto Interno Bruto hasta el III trimestre de 2019 (miles de millones de pesos – año base 2015) _____	14
Ilustración 7 Intensidad Energética en Consumo Final (TJ/miles de millones de COP – Base 2005) _____	14
Ilustración 8 Intensidad de emisiones sector industria (Gg CO ₂ / miles de millones de COP – Base 2005)._____	15
Ilustración 9 Pirámide Poblacional 2005, 2020 y 2050_____	21
Ilustración 10 Evolución y Proyección Población Total Colombia Según Resultados y Previsiones Censales_____	22
Ilustración 11 Porcentaje de la Población Total de Colombia, que Reside en Zonas Urbanas & _____	22
Ilustración 12 Número de Hogares en Colombia (Millones)_____	23
Ilustración 13. Evolución y Previsión Número de Personas por Hogar en Colombia _____	23
Ilustración 14 Dinámicas de Crecimiento Poblacional Anual en Colombia. Proyectadas a 2050 _____	24
Ilustración 15 Crecimiento PIB Vs Sector Minero Energético. Trayectorias Crecimiento Económico Anual Colombia._____	25
Ilustración 16 Trayectorias Crecimiento Potencial Anual Colombia* 2050 y Escenario Asociado Crecimiento Inversión_____	25
Ilustración 17 Histórico y Previsión Participación PIB (Valor Agregado) _____	26
Ilustración 18. Histórico 2006 – 2018 & Previsiones Crecimiento Anual Sectores Productivos 2019 – 2050 _____	26
Ilustración 19 Inflación Energéticos Versus Inflación al Consumidor (IPC) 2010 – 2019 _____	28
Ilustración 20 . Histórico y Perspectivas Precio Petróleo (Referencia Brent) _____	30
Ilustración 21 Escenarios futuros de precios de gas para fuentes nacionales _____	32
Ilustración 22 Situación Internacional del precio del carbón _____	32
Ilustración 23 Caracterización energética y modal del sector transporte _____	33
Ilustración 24 Diagrama de Sankey para el transporte por carretera (PetaJulios) _____	34

<i>Ilustración 25 Comparación del consumo de energéticos a nivel Transporte – PJ (Peta Joule)</i>	35
<i>Ilustración 26 Comparación de costo vehículos eléctricos</i>	37
<i>Ilustración 27 Proyección flota de vehículos livianos (autos, camperos y camionetas) por energético</i>	38
<i>Ilustración 28 Proyección flota de tracto camiones carga interurbana por energético</i>	39
<i>Ilustración 29 Proyección de la flota para transporte urbano de pasajeros</i>	40
<i>Ilustración 30 Proyección de la flota para transporte interurbano de pasajeros</i>	41
<i>Ilustración 31 Proyección flota de camiones carga urbana</i>	42
<i>Ilustración 32 Proyección flota camiones carga interurbana</i>	43
<i>Ilustración 33 Proyección flota de Taxis</i>	44
<i>Ilustración 34 Proyección flota de motos</i>	45
<i>Ilustración 35 Energía final año 2015 para el sector transporte y su energía útil por tipo de vehículo</i>	47
<i>Ilustración 36 Potencial de reemplazo de flota oficial</i>	48
<i>Ilustración 37 Resultados en unidades energéticas y en composición de la matriz energética del transporte</i>	50
<i>Ilustración 38 Caracterización por uso final en la industria.</i>	51
<i>Ilustración 39 Diagrama de Sankey para el sector industrial (PetaJulios)</i>	52
<i>Ilustración 40 Comparación del consumo de energéticos a nivel Industrial – (PJ)</i>	53
<i>Ilustración 41 Resultados en unidades energéticas y en composición de la matriz energética de la industria – (PJ)</i>	55
<i>Ilustración 42 Participación porcentual de los usos finales de la energía en el sector residencial</i>	56
<i>Ilustración 43 Diagrama de Sankey para el sector residencial (Petajulios)</i>	57
<i>Ilustración 44 Comparativo consumo histórico sector residencial – (PJ)</i>	58
<i>Ilustración 45 Consumo de subsistencia estimado versus consumos promedios</i>	59
<i>Ilustración 46 Distribución de las tecnologías o energéticos de sustitución de leña por grupo de hogares</i>	60
<i>Ilustración 47 Resultados en unidades energéticas y en composición de la matriz energética del subsector residencial urbano (PJ)</i>	61
<i>Ilustración 48 Resultados por en unidades energéticas y en composición de la matriz energética del subsector residencial rural – (PJ)</i>	62
<i>Ilustración 49 Resultados por en unidades energéticas y en composición de la matriz energética del sector residencial (Urbano y Rural) (PJ)</i>	63
<i>Ilustración 50 Participación de los usos dentro del sector terciario</i>	64
<i>Ilustración 51 Diagrama de Sankey para el sector terciario (PetaJulios)</i>	65
<i>Ilustración 52 Comparativo consumo histórico sector terciario – (PJ)</i>	66
<i>Ilustración 53 Composición del Sector Terciario – (PJ)</i>	68
<i>Ilustración 54 Escenario 266 vs línea base COP21</i>	69
<i>Ilustración 55 Consumo final de energía por fuente y sector de consumo en el Escenario 266</i>	70
<i>Ilustración 56 Proyección de nivel de emisiones por energético y sector de consumo Escenario 266</i>	70
<i>Ilustración 57 Escenario Nuevas Apuestas vs línea base COP21</i>	71
<i>Ilustración 58 Consumo final Escenario Nuevas Apuestas</i>	72
<i>Ilustración 59 Emisiones escenario Nuevas Apuestas</i>	72
<i>Ilustración 60 Proyecciones de demanda de energía por sectores a 2050 – (PJ)</i>	73
<i>Ilustración 61 Proyecciones de demanda por energético a 2050 – (PJ)</i>	74
<i>Ilustración 62 Comparación escenarios - Proyecciones de demanda 2050</i>	75
<i>Ilustración 63 Evolución de la intensidad energética de la economía.</i>	76
<i>Ilustración 64 Comparación intensidad energética (TEP / miles USD PPA 2011)</i>	77

3

Tablas

<i>Tabla 1 Porcentaje de penetración de vehículos oficiales</i>	35
<i>Tabla 2 Supuestos incorporados para el sector transporte en cada escenario</i>	48
<i>Tabla 3 Potencial aprovechamiento de eficiencia energética en el sector industrial</i>	54

<i>Tabla 4 Potencial aprovechamiento de eficiencia energética en el sector residencial</i>	58
<i>Tabla 5 Potencial aprovechamiento de eficiencia energética en el sector terciario.....</i>	66



4

Abreviaturas

BanRep	Banco de la República
BAU	Business as Usual
BECO	Balance Energético Colombiano
BEU	Balance de Energía Útil
COP	Conferencia de las partes por su sigla en inglés; Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas
ECV	Encuesta de Calidad de Vida
EIA	Energy Information Administration
ENE	Estudio Nacional de Energía
ENME	Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica
FNCE	Fuentes No Convencionales de Energía
FNCER	Fuentes No Convencionales de Energía Renovable
GEI	Gases Efecto Invernadero
ICCT	International Council on Clean Transportation
NDC	Contribución prevista y determinada a nivel nacional, por su sigla en inglés
IPC	Índice de Precios al Consumidor
Min Energía	Ministerio de Minas y Energía
MinHacienda	Ministerio de Hacienda y Crédito Público
MinTransporte	Ministerio de Transporte
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas
OMS	Organización Mundial de la Salud
PAS	Planes de Acción Sectoriales
PEIIT	Plan Estratégico de Infraestructura Intermodal de Transporte
PIB	Producto Interno Bruto
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PEN	Plan Energético Nacional
PERGT	Plan de Expansión de Referencia de Generación y Transmisión
PJ	Peta Joule
PROURE	Programa de Uso Racional de Energía
TRM	Tasa Representativa de Mercado
UPME	Unidad de Planeación Minero-Energética
WEF	World Economic Forum
WEO	World Energy Outlook

Introducción

Los objetivos del Plan Energético Nacional -PEN- están encaminados a la satisfacción de los requerimientos energéticos del país, en el marco de una transformación energética global, marcada por una mayor sensibilidad con el medio ambiente, por la irrupción de nuevas demandas provenientes de comunidades, por mayores niveles de crecimiento económico, por el desarrollo tecnológico y por los compromisos de mitigar los impactos del cambio climático.

La transformación energética trae consigo una redefinición de los sistemas energéticos, el aumento de la participación de nuevas fuentes renovables, el aprovechamiento de la eficiencia energética y la incorporación de nuevas tecnologías en la provisión de servicios cada vez más complejos, más confiables y más continuos.

Asistimos a la creciente electrificación de la economía mundial y con ella una mayor descentralización y digitalización, no solo para proveer soluciones en el plano estrictamente energético, sino también servir como instrumentos de desarrollo para alcanzar metas insertas en la política global de desarrollo. Además, por las interacciones del sistema energético con la economía, la sociedad, el ambiente y la política macroeconómica, es indispensable que los objetivos de la política energética de largo plazo tengan un carácter sistémico y un enfoque multi-objetivo.

Con fundamento en lo mencionado, es necesario considerar por una parte los nuevos paradigmas de la oferta y la demanda de energía, introduciendo nuevas dimensiones de análisis que reflejen la dinámica de la política mundial, la geopolítica, la influencia financiera, los cambios de precios, las preocupaciones sobre el cambio climático y las responsabilidades ambientales y sociales de orden local y regional. Esta evolución implica cambios progresivos en la oferta y estructura de consumo final de energía, originando procesos de transición que requieren la intervención urgente y creciente de los poderes públicos.

Así, el avance de la tecnología viene facilitando un uso más productivo de los recursos energéticos, mejoras en eficiencia y descarbonización de las fuentes de energía, contribuyendo a la transición hacia un desarrollo sostenible para toda la sociedad. Esto es de particular importancia para Colombia, que viene experimentando un crecimiento dinámico del consumo final de energía, desafío que se debe resolver con abastecimiento pleno y confiable pero con menores consecuencias para el medio ambiente.

También es importante resaltar, que el compromiso internacional adquirido por Colombia para el cumplimiento de los ODS implica un cambio en las agendas de los distintos sectores para reorientar el desarrollo, apuntando a mitigar la pobreza, mejorar la equidad social e impulsar alianzas sociales para promover una vida sana y de bienestar, a la luz de un progreso seguro, donde prevalezca un equilibrio congruente entre las dimensiones social, económica y ambiental. Ello pone de manifiesto desafíos para el gobierno en la alineación de las políticas planes y programas con visión integral del desarrollo tanto nacionales como territoriales lo que exige una transformación de la política pública¹.

Es grande el reto que tiene el país de cumplir con los ODS considerando el papel tan importante que desempeña la energía en su calidad de instrumento de progreso económico y bienestar social; en consecuencia, es necesario garantizar la disposición de la energía en condiciones seguras,

¹ CORDERA CAMPOS (2014)

confiables, accesibles y asequibles a la sociedad, sostenibles ambientalmente, todo bajo el amparo en un marco regulatorio acorde a tales propósitos, respaldado por un marco institucional adecuado.

Sumado a lo anterior, la mirada retrospectiva de la energía en Colombia 1876 -2019, que se presenta en el Anexo 1, lleva a entender qué, cuáles y en qué momento del tiempo se tomaron decisiones para que el país tomará el camino para ser la realidad que es hoy. Los hitos que conforman la línea de tiempo se dieron a partir de decisiones que en su momento fueron las más adecuadas, teniendo en cuenta la información con la que se contaba en ese momento. Así mismo, ésta lleva a reflexionar sobre cuáles fueron y son los impactos de las principales decisiones en materia de desarrollo de infraestructura lineal, de explotación de recursos, de transformación de usos de los energéticos en el país dado que generalmente no ocurren de un momento para otro sino que toman un periodo de construcción y de transformación y sus impactos son más largos en el tiempo.

La invitación es cómo desde ahora se puede pensar las decisiones que van dar una visión futura en la construcción de la política energética del país que tenga impactos transformacionales al 2050.

Como Director de la UPME aprovecho la ocasión para agradecer al grupo de profesionales de la Unidad con quienes se logró construir el documento que ponemos a su disposición y en especial al equipo de trabajo de la Subdirección de Demanda. Así mismo, expreso mis reconocimientos a todas aquellas personas que dentro y fuera de la Unidad han contribuido al desarrollo del conocimiento del complejo mundo de la energía y al desarrollo de la UPME- Unidad de Planeación Minero Energética.

Resumen Ejecutivo

El presente documento constituye eje fundamental para lograr materializar la política de transformación energética del país, teniendo en cuenta los compromisos internacionales tales como ODS, COP 21 (2015) y COP 25(2019) sumado a las buenas prácticas de la OCDE que se deben interiorizar dentro del sector.

Es así que se presenta en un comienzo la evolución histórica de la oferta y demanda de energía del país, detallando la canasta energética actual por cada uno de los principales sectores de consumo, seguido de la evolución de indicadores energéticos tales como el de la intensidad energética y el de emisiones y posteriormente con una explicación corta y sucinta se presenta los siete objetivos de política energética que guiaron el desarrollo del PEN a 2050.

El Plan Energético Nacional no busca predecir el futuro sino lograr un mejor entendimiento de las incertidumbres que enfrentamos². Para tal efecto, a través de modelos de simulación, se exploran un conjunto de supuestos obtenidos de estudios, desarrollos legislativos, desarrollos tecnológicos y preferencias de los consumidores que permiten visualizar los elementos claves de la transformación energética. El análisis descrito se realiza para cada uno de los dos escenarios modelados: 266 y Nuevas Apuestas con base en el Escenario que se llevó a la COP 21 – BAU.

Posteriormente, se describen y analizan cada uno de los cuatro supuestos fundamentales que se tienen en cuenta para la modelación de escenarios, tales como: demográficos, crecimiento económico, inflación y precios de los energéticos así como proyección de precios – contexto internacional de la formación de precios de hidrocarburos.

Finalizando con cada una de las proyecciones de demanda y oferta de energía para los principales sectores: transporte, industria, residencial y terciario; así como las proyecciones consolidadas de energía para cada uno de los escenarios modelados: 266 y Nuevas Apuestas como el análisis comparativo de los mencionados escenarios y con las respectivas conclusiones.

² Tomado de presentación de Spencer Dale sobre el BP Energy Outlook 2019, BP(2019)

1. Antecedentes

La UPME tiene por objeto “*planejar en forma integral, indicativa, permanente y coordinada con los agentes del sector minero energético, el desarrollo y aprovechamiento de los recursos mineros y energéticos; producir y divulgar la información requerida para la formulación de política y toma de decisiones; y apoyar al Ministerio de Minas y Energía en el logro de sus objetivos y metas*”³.

Con la expedición del Plan Nacional de Desarrollo - PND 2018-2022, Ley 1955 de 2019⁴, se estipula que: “*El PEN deberá plantear diferentes hipótesis para la evolución de oferta y demanda, de tal manera que, por medio de la simulación de diferentes escenarios de evolución conjunta, se obtenga como resultado posibles estados futuros de disponibilidad, que le permitan al MinEnergía tomar las medidas que garanticen el abastecimiento confiable y sostenible de todos los energéticos del país. Para lo anterior se deberá tener en cuenta señales de precio, así como la incorporación, en el mediano y largo plazo, de las variaciones en la demanda por los cambios tecnológicos que se impondrán; entre estos, la electrificación del parque automotriz, la autogeneración que considere la masificación de las energías renovables no convencionales, la gestión eficiente de la energía, la digitalización de varios sectores de la economía nacional y el cumplimiento de políticas ambientales*”.

Es así que este PEN 2020 - 2050 tiene como propósito principal definir un modelo energético sostenible al 2050, que impulse la transformación energética para lograr el progreso económico, el mejoramiento de la calidad de vida y el respeto al medio ambiente.

9

Para la elaboración del PEN se han identificado cuatro (4) móviles de cambio: i.) *Oportunidades en el sector energético*, ii.) *Transformaciones en movilidad*, iii.) *Políticas ambientales y climáticas* y iv.) *Tendencias demográficas, crecimiento económico y dinámica de precios de los energéticos*, como ejes fundamentales que permiten analizar cómo será Colombia en el 2050.

De esta manera, el documento comienza con un recuento histórico de cómo ha evolucionado la energía en el país, pasando a revisar la situación actual y los fundamentales tales como demografía, variables macroeconómicas y precios que son incluidos en la modelación de dos (2) escenarios definidos para analizar diferentes perspectivas: Escenario 266 y Escenario Nuevas Apuestas, tomando como referencia la línea base que se llevó a la COP 21 en 2015. El primer escenario representa el compromiso de llegar a máximo 266 millones de toneladas de CO₂e emitidas en el año 2030, lo que equivale a reducir en un 20% en ese mismo año 2030, las emisiones proyectadas en el escenario BAU (Business As Usual); y el segundo escenario, *Nuevas Apuestas* representa una mayor ambición en la reducción de emisiones hasta un 30% por debajo de las emisiones proyectadas a 2030 con respecto al escenario BAU.

³ Decreto 1258 de 2013

⁴ Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, en el capítulo IX *Pacto por los recursos minero-energéticos para el crecimiento sostenible y la expansión de oportunidades*, sección B *Seguridad energética para el desarrollo productivo*, numeral 2 *Objetivos y estrategias*, objetivo 1. Promover las nuevas tendencias energéticas en el numeral 1. Planeación energética diversificada

Posteriormente, se realiza un análisis a la demanda de energía de los sectores transporte, industria, residencial y terciario, para los cuales se presenta su correspondiente diagrama de Sankey para visualizar y entender las fuentes y usos energéticos, los supuestos incorporados en la modelación y los resultados a largo plazo.

Así mismo este Plan, proporciona una referencia única para la planeación del sector energético y para este caso se establece con visión 2050. Juega un papel esencial de orientación para el pensamiento estratégico de la UPME y como carta de navegación de la planeación a largo plazo para adoptar política pública por MinEnergía.

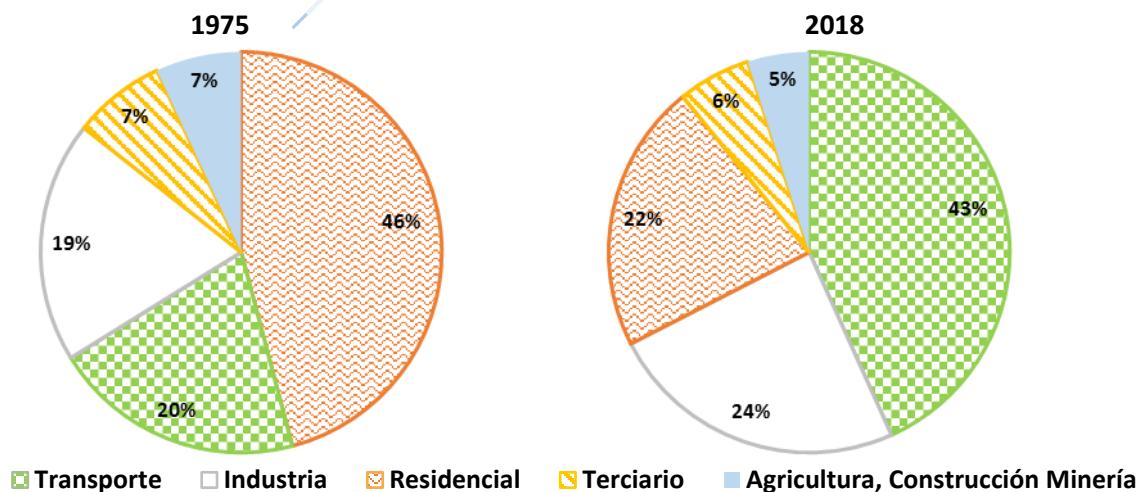
1.1 Evolución histórica de la oferta y demanda de energía

La oferta de energía primaria en Colombia está compuesta predominantemente por combustibles fósiles (carbón y petróleo), con una participación cercana al 77% del total mientras que la hidroelectricidad, el gas natural y las fuentes no convencionales de energía renovable (bagazo, biocombustibles y leña) suman el restante 23%. Al observar la evolución histórica de la oferta y la demanda de energía de nuestro país durante las últimas cuatro décadas, se evidencian fuertes cambios tanto en los usos finales de la energía como en la composición de la matriz energética de la economía. Así, en los 43 años comprendidos entre 1975 y 2018, el consumo final de energía se incrementó un 78%, pasando de 735 PJ a 1.308 PJ, que equivale a una tasa de crecimiento promedio anual de 1,81%. Este crecimiento se explica principalmente por el aumento del consumo en la industria manufacturera y en el sector transporte, que presentaron tasas promedio anuales de crecimiento del 2,4% y 5,9% respectivamente. El incremento en estos sectores contrasta con la disminución de consumo de energía del sector residencial, que era el más intensivo en 1975 con un 46% de participación en la demanda de energía, debido principalmente a la sustitución del consumo de leña por la penetración del gas combustible (reducción de 63% en el período de análisis).

Ilustración 1.

10

Ilustración 1 Participación porcentual por sectores en el consumo final de energía 1975-2018,

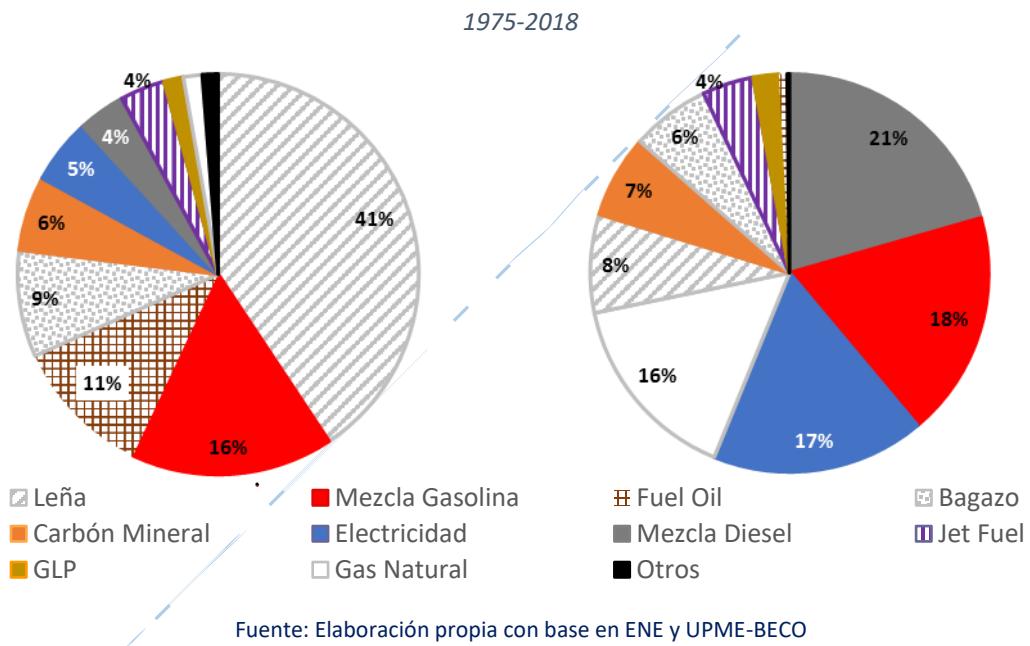


Fuente: Elaboración propia con base en cifras del ENE5 y UPME – BECO

⁵ Mejía, Millán y Perry (1982), Estudio Nacional de Energía, DNP (1982)

Desde el lado de la oferta, en las últimas cuatro décadas también se presentaron modificaciones sustanciales en la matriz energética colombiana. Se observa por ejemplo un incremento de superior a cinco veces en la participación porcentual del diésel en la matriz energética, producto del incremento de la demanda en transporte y de la adopción, a comienzos del 2000⁶, de una política de precios diferenciales del diésel frente a la gasolina. Así mismo, es relevante señalar el incremento en más de tres veces de la participación de la electricidad en la matriz energética, principalmente por el aumento en más de 20% del índice de cobertura de energía eléctrica en los últimos 20 años⁷. Es también destacable el incremento en más de ocho veces en la participación del gas natural alcanzando una participación a un 16% en la oferta, consecuencia de la implementación del programa de masificación del consumo de gas adoptado a comienzos de la década de los noventa⁸⁹. Igualmente, importante resaltar la notable disminución de la participación del fuel oil en la matriz energética, producto también del programa de masificación de consumo de gas. Ilustración 2.

Ilustración 2 Participación porcentual de fuentes de energía en la composición de la oferta,



11

⁶ García, Pérez, Orrego, Castaño (2016), “Un modelo casi ideal de demanda de combustibles para la industria. Documentos de Trabajo (EAFIT). https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8021/2016_03_Jhon_Jairo_Garcia.pdf?sequence=2&isAllowed=y

⁷ UPME, Informes de cobertura 1995-2016, <http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturaDelSistemaInterconectadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx>

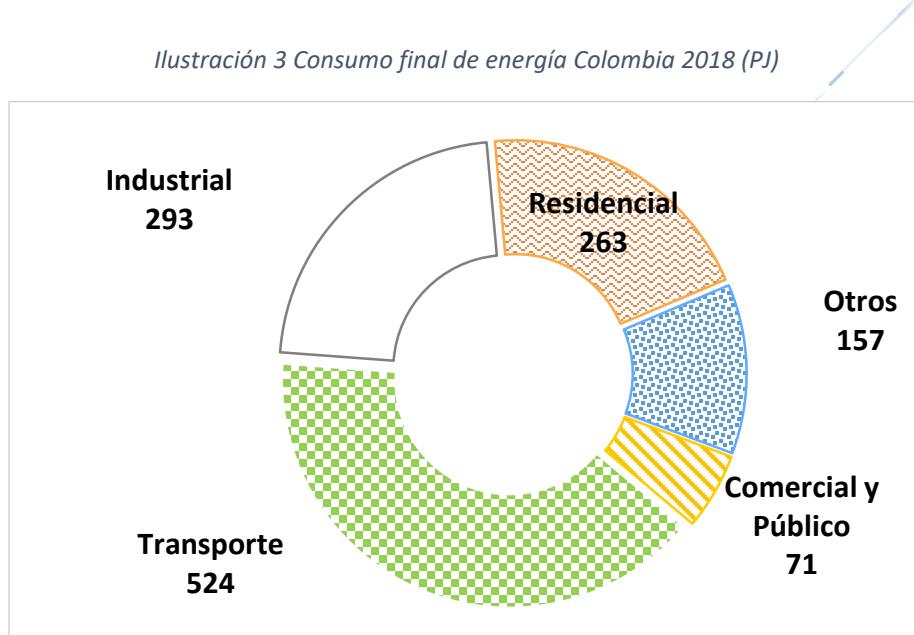
⁸ DNP (1991), Documento CONPES 2571, “Programa de masificación del consumo de gas”

⁹ DNP (1993), Documento CONPES 2646, “PLAN DE GAS”

Con base en las cifras presentadas se observa que en el período analizado se presentó una importante transformación de la matriz energética, impulsada esencialmente por políticas energéticas adoptadas a nivel del Gobierno Nacional.

1.2 Canasta energética actual por sectores de consumo

Tomando como referencia las cifras del el Balance Energético Colombiano – BECO¹⁰, el consumo final de energía del país en el año 2018 fue de 1.308 PJ, con la mayor participación por parte del sector transporte con un 40% (524 PJ); un 22% del sector industrial (293PJ); un 20 % del sector residencial (263 PJ); un 6% del sector comercial y público (71 PJ) y otros sectores con un 12% (157 PJ). Ilustración 3.

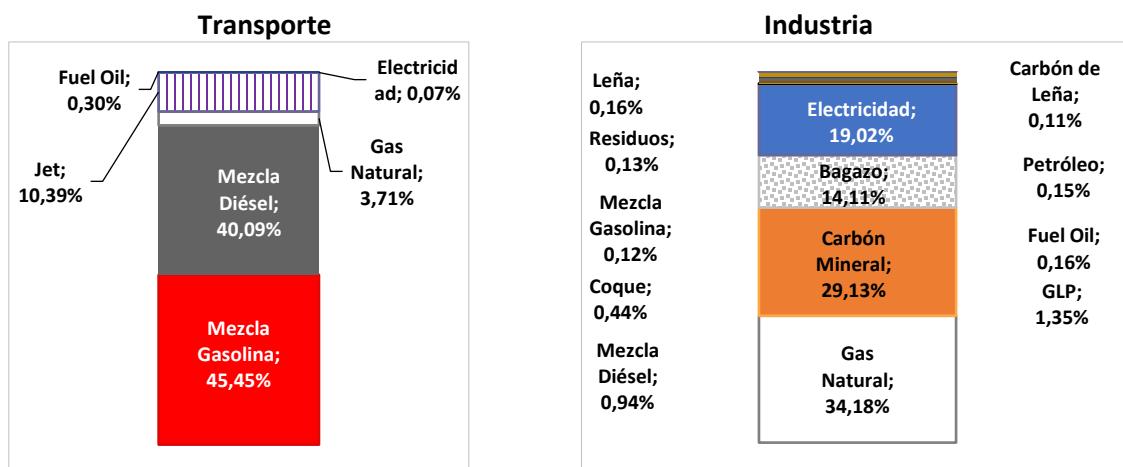


12

Los energéticos utilizados en los diferentes sectores de consumo pueden observarse en la Ilustración 4 y en la Ilustración 5. En dichas ilustraciones se observa el predominio de los combustibles fósiles en el sector transporte y en la industria, un desproporcionado uso de la leña en el sector residencial, y el predominio de la electricidad en el sector terciario.

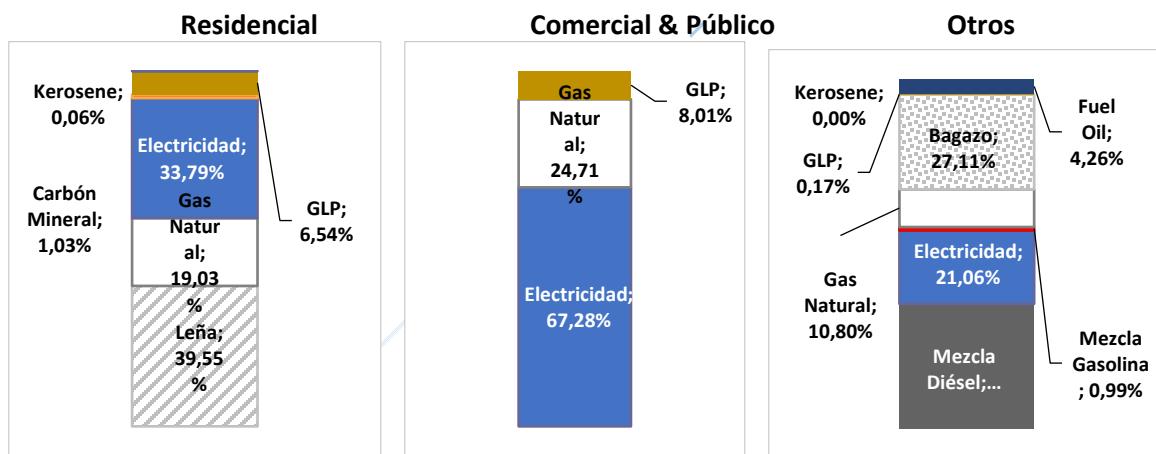
¹⁰ <http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Paginas/BalanceEnergetico.aspx>

Ilustración 4 Canasta energética del sector transporte e industria 2018



Fuente: Elaboración propia. BECO-UPME 2018

Ilustración 5 Canasta energética del sector residencial, comercial & público, otros 2018



Fuente: Elaboración propia. BECO- UPME 2018

13

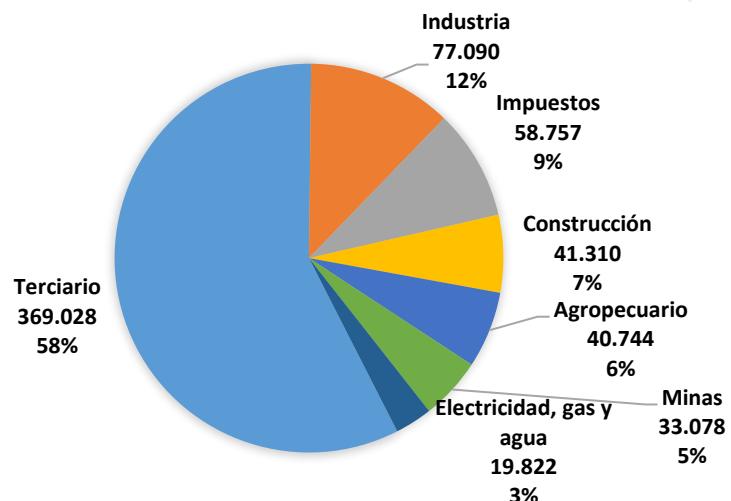
1.3 Indicadores energéticos

Al realizar el análisis de la matriz energética del país, no sólo es importante revisar su evolución en términos energéticos sino también cobra gran importancia la cantidad de energía utilizada para generar una unidad de valor agregado para la economía, o, en la misma dirección, la cantidad de emisiones de CO₂ para generar esa misma unidad. Por este motivo, a continuación se presenta la evolución de los indicadores de intensidad energética de consumo final, intensidad energética sectorial e intensidad de emisiones.

1.3.1 Intensidad energética

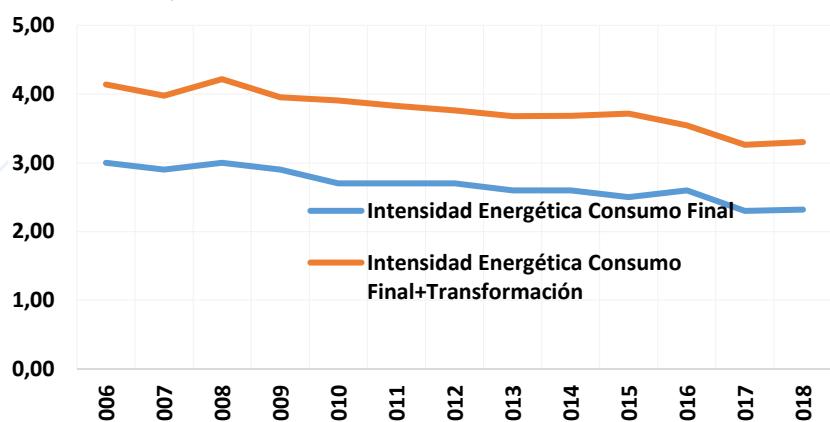
Este indicador evalúa la relación entre “*el consumo de energía y la capacidad de producción de la economía*”¹¹, en éste caso el indicador se calculó tomando como base la información de consumo final de energía (TeraJulios) del BECO, y la información de Producto Interno Bruto - PIB base 2005 (miles de millones de COP) producido por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE. En la Ilustración 6 se presenta la distribución del PIB por sector con corte al III trimestre de 2019 y en la Ilustración 7 se presenta la evolución del indicador, resaltando que en los últimos doce años el país ha venido mejorando continuamente en el mencionado indicador.

Ilustración 6 Distribución del Producto Interno Bruto hasta el III trimestre de 2019 (miles de millones de pesos – año base 2015)



Fuente: Elaboración propia, UPME – DANE

Ilustración 7 Intensidad Energética en Consumo Final (TJ/miles de millones de COP – Base 2005)



Fuente: Elaboración propia, UPME – DANE

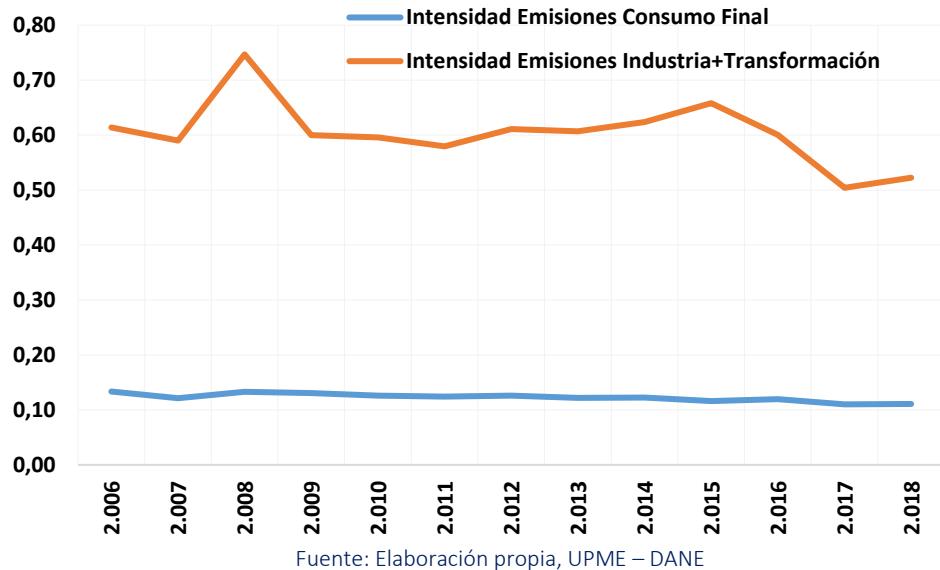
¹¹ OLADE (2019) “Panorama Energético 2019. Metodología y definición de los indicadores”.

Actualmente, dentro de los compromisos del país con los ODS, el PND 2018 - 2022 plantea la reducción de su intensidad energética del país. Para el año 2018 la intensidad logró un valor de 3,3 TJ/miles de millones de COP (incluyendo consumo final más transformación) y para el 2030 la meta planteada se sitúa 2,9 TJ/miles de millones de COP. La reducción en este indicador, responde a la implementación de políticas como los Programas de Uso Racional de Energía - PROURE. De acuerdo al comportamiento de los últimos años, y como se observa más adelante, con la energía proyectada en los escenarios del presente documento, se espera cumplir con la meta del indicador.

1.3.2 Intensidad de emisiones

Junto con el seguimiento a la evolución del consumo energético, es igualmente importante tener en cuenta la evolución de las emisiones de CO₂, y cómo las ramas de la actividad económica, en particular la industria, deben ajustar sus procesos para lograr una menor razón de emisiones por unidad de valor agregado. El indicador de intensidad de emisiones se calcula como la razón entre las emisiones asociadas al consumo de energía (Gg¹² CO₂) y PIB (miles de millones de COP). La evolución de este indicador en el país se presenta en la Ilustración 8.

Ilustración 8 Intensidad de emisiones sector industria (Gg CO₂ / miles de millones de COP – Base 2005).



15

Para este indicador, Colombia también cuenta con una meta para el cumplimiento de los ODS. A 2030, se estableció que el indicador llegue a 0,79 con respecto a las emisiones del sector manufacturero y transformación, que para 2018 presenta un nivel de 0,52.

¹² Giga gramos

1.4 Objetivos de política de largo plazo

Para la elaboración del PEN y su implementación se han definido los siguientes objetivos de largo plazo:

1.4.1 Objetivo 1. Seguridad de suministro energético y diversificación de la matriz energética

En este objetivo se definen lineamientos que incluyen el desarrollo de estrategias de carácter subsectorial, necesidades prioritarias en materia de infraestructura, señales adecuadas para la expansión coordinada de las distintas cadenas energéticas, para aumentar el suministro energético e incremento de su disponibilidad, confiabilidad y diversidad. El cumplimiento de este objetivo se materializa con la elaboración y en algunos casos implementación de los planes subsectoriales para refinados derivados del petróleo, gas natural, glp, energía eléctrica, uso racional y eficiente de la energía, así como y expansión de la cobertura de los servicios públicos domiciliarios de electricidad y gas combustible, los cuales forman parte integral de la elaboración del PEN.

1.4.2 Objetivo 2. Energía eje de desarrollo económico y prosperidad

El desarrollo económico es un objetivo esencial de la sociedad y la energía tiene un papel protagónico para sustentarlo, en su doble condición de bien estratégico que permite servir de insumo y convertirse en capital que soporta procesos industriales o bien como servicio público que brinda bienestar social. Así mismo, al ser el motor de desarrollo y de gran aporte al equilibrio macroeconómico del país es preciso potenciar su competitividad, con mayor productividad y eficiencia, impulsando oportunidades de diversificación de la economía a partir de los recursos energéticos, en procura de una sociedad dinámica e incluyente.

Este objetivo pretende garantizar la sostenibilidad fiscal del país, contribuyendo de esta manera al pleno desarrollo del Estado social de derecho, garantizando el funcionamiento de mercados energéticos competitivos, que aprovechen eficientemente los recursos naturales y el capital natural como oportunidad para la generación de riqueza en particular para la población más pobre y vulnerable, potenciando al mismo tiempo su mantenimiento y uso sostenible.

1.4.3 Objetivo 3. Gestión ambiental del sector energético

El desarrollo de actividades propias de las cadenas energéticas como producción, transporte, transformación y consumo de energía puede provocar efectos adversos que deterioran el medio ambiente y que se manifiestan de diversas formas. La conformación de un sistema energético que disminuya la incidencia negativa del aprovechamiento de los recursos energéticos en el ambiente es un reto para hacer frente a los impactos en el agua, suelo, biodiversidad y sus servicios, aire y calentamiento global.

Con este objetivo se materializan medidas de protección ambiental que permitan prevenir y reducir los impactos, riesgos y efectos originados a nivel global y local, buscando un aumento en la capacidad de adaptación a sus efectos adversos, fomentando la resiliencia al clima, un desarrollo

con bajas emisiones de gases de efecto invernadero y protección de la calidad del agua, aire, suelos y de la biodiversidad.

1.4.4 Objetivo 4. Aseguramiento de cobertura a servicios y productos energéticos con inclusividad y desarrollo territorial

El mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos a lo largo del tiempo es uno de los propósitos de la política pública. La disponibilidad de energía para cobertura de requerimientos básicos tiene un impacto directo sobre la salud, educación, oportunidades de empleo, transformación demográfica, contaminación, promoción de la equidad de género, entre otros. Garantizar el acceso a servicios energéticos a precios asequibles, no sólo promoverá el bienestar y la cohesión social, sino que facilitará el progreso económico nacional y territorial, para la reducción de la pobreza, con emprendimiento, creatividad e innovación que posibiliten la producción y consumo eficiente de los recursos.

1.4.5 Objetivo 5. Eficiencia energética

La eficiencia energética, es considerada uno de los pilares fundamentales de un sistema energético global sostenible, que permite asegurar el abastecimiento energético, contribuir de manera costo efectiva, a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con la que se comprometió el país al año 2030 en la COP21 y aportar a los ODS.

El objetivo se sustenta en la adopción de nuevas tecnologías (de uso, medición y análisis), buenas prácticas operacionales y hábitos para optimizar el uso de los recursos energéticos disponibles, reduciendo costos, aumentando productividad y competitividad y mejorando calidad de vida de los colombianos.

17

1.4.6 Objetivo 6. Integración energética regional

El fortalecimiento de la confiabilidad en el abastecimiento energético puede lograrse mediante procesos de integración con otros países cuando las posibilidades con fuentes nacionales se ven disminuidas y para el suministro energético de zonas de frontera entre otros, aprovechando así fortalezas y opciones de complementación pero con total respeto de los principios de soberanía e independencia.

Este mecanismo promueve el beneficio mutuo de los países y constituye un medio para articular políticas de cambio climático, de gestión de riesgos a la luz del proceso de transición que se vive y que definirá un nuevo modelo de desarrollo del sector energético, que exige mayor resiliencia y reducción de costos, particularmente con la infraestructura de respaldo.

Con este objetivo se busca en principio el desarrollo de mercados y el fomento de acuerdos regionales que luego permitan avanzar en materia de regulación en aspectos detallados como tarifas, impuestos, aranceles y resolución de controversias para que las complementariedades energéticas efectivamente se alcancen.

1.4.7 Objetivo 7. Entorno habilitante para la implementación del PEN 2020 - 2050

Para la consolidación de un desarrollo energético sostenible a través de la implementación de políticas, planes, programas y proyectos en los dominios económico, energético, social y ambiental, se requiere poner en funcionamiento un marco institucional que permita las interacciones y articulación de los agentes de la industria energética con otros actores y organismos del Estado.

Por consiguiente, la estructura institucional debe estar dotada convenientemente, no sólo de las facultades sino también de los recursos humanos, de los medios físicos, técnicos y económicos y de un sistema de información energética que incluyan las variables económicas, sociales y ambientales más relevantes que le posibiliten ejercer adecuadamente sus responsabilidades.

Con este objetivo también se pretende promover una cultura encaminada a la sensibilización y capacitación en relación con hábitos y prácticas en la producción, transformación y consumo de bienes y servicios de energía; cuya acción transformadora, permitirá a los países enfrentar los retos que demanda el cambio climático y el cumplimiento de metas establecidas en acuerdos supranacionales.

2. Escenarios futuros de energía

18

Teniendo en cuenta las perspectivas internacionales y regionales sobre los posibles futuros de la energía, y por supuesto la visión de largo plazo de la dinámica energética en Colombia, se identificaron cuatro áreas clave de acción que determinarán los posibles patrones de comportamiento de la demanda y oferta de energéticos en el horizonte 2018 – 2050:

- Oportunidades en el sector energético (Eficiencia energética y FNCER);
- Transformaciones en movilidad,
- Políticas ambientales y climáticas y
- Tendencias demográficas, crecimiento económico y dinámica de precios de los energéticos.

Con base en los diferentes comportamientos de las variables de estas áreas de acción, se definieron tres posibles escenarios para el PEN. Los tres escenarios definidos para el PEN 2050 en este documento corresponden a:

2.1 Escenario 266

El Escenario 266 es un escenario en el que el gobierno nacional está comprometido con los temas ambientales y de sostenibilidad por lo que hace todos los esfuerzos necesarios para cumplir con las meta de reducción de emisiones de la COP21 (266 Millones de Toneladas a 2030) así como las

establecidas en los documentos CONPES de: Crecimiento Verde¹³, Mejoramiento de la Calidad del Aire¹⁴ y el de Edificaciones Sostenibles.

Bajo este escenario, Colombia habrá reducido sus emisiones GEI en un 20% en el año 2030 y cumpliría con la nueva norma de calidad del aire¹⁵. Así mismo, habría una alineación completa al interior del gobierno nacional que permitiría involucrar las variables energética (incluyendo la eficiencia energética) y socio-ambiental en todas las decisiones y a todos los niveles.

Además, se lograría una alineación con las principales ciudades del país para cumplir estas metas por lo que a nivel local se promoverían proyectos y políticas de bajas emisiones y de consumo energético eficiente. En relación con la participación en la OCDE, Colombia mostraría voluntad para superar indicadores de medio ambiente, innovación y productividad, regulación y calidad de vida; y saldría de la lista de últimos puestos en cumplimiento de los estándares de la Organización.

Bajo este escenario, se daría un fuerte impulso a las fuentes no convencionales de energía, tanto en la generación de electricidad como en sectores de consumo, lo que permitiría avances importantes en la electrificación de la economía. El cumplimiento de la meta de reducción de emisiones GEI y de adaptación al cambio climático sería producto del cumplimiento de los Planes de Acción Sectoriales - PAS de cada cartera ministerial, algo que se traduciría en la incorporación de tecnologías más limpias y eficientes, sustitución de energéticos e incorporación de mejores prácticas asociadas al consumo de energía en sectores como transporte, industria, comercio, servicios y residencial. Estos resultados serían posibles en gran medida por un aumento de la conciencia ambiental de la sociedad, que velaría por usar la energía y los recursos de forma más eficiente y responsable.

La buena disposición del gobierno hacia el tema de sostenibilidad generaría un aumento en la ambición del PROURE y con esto, una meta de ahorro de energía más ambiciosa que se cumpliría en el año 2022, así como la inclusión de nuevas líneas de acción en eficiencia energética del lado de la producción de energía, de la refinación de hidrocarburos y de los procesos de coquización, entre otras.

La política de precios de los energéticos sufriría un cambio estructural y su rediseño tendría por objetivo fijar precios eficientes para los consumidores, lo que significaría redefinir los subsidios para incentivar la eficiencia y eliminar aquellos que fueran innecesarios, que desestimulan el uso de energéticos más limpios o la eficiencia en su uso. Esta definición de la política de precios es la misma supuesta para el Escenario *Nuevas Apuestas*.

2.2 Escenario Nuevas Apuestas

Este escenario tiene el mismo enfoque que el escenario 266, pero contempla una ambición y un compromiso mayor del gobierno nacional en temas ambientales, que llevaría a que Colombia cumpliera las metas que en la actualidad serían posibles pero que se verían muy lejanas porque requieren de mucho esfuerzo y de grandes inversiones.

¹³ DNP (2018), Documento CONPES 3943, "Política de mejoramiento del aire".

¹⁴ DNP (2018), Documento CONPES 3934, "Política de crecimiento verde".

¹⁵ MinAmbiente (2017), Resolución 2254.

La política del país estaría, bajo este escenario, completamente orientada hacia la reducción de emisiones de GEI y de contaminantes atmosféricos para proteger la salud pública en las ciudades, lo que significaría que tanto las entidades del gobierno nacional como todos los gobiernos locales estarían alineados con este compromiso.

Se alcanzaría el cumplimiento de la meta condicionada del Acuerdo de Paris, por lo que se reduciría el 30% de las emisiones de GEI en 2030 y alcanzaríamos estándares de la guía de calidad del aire¹⁶ de la Organización Mundial de la Salud - OMS, de 20 µg/m³ de concentración media anual de PM10 para en calidad del aire en las ciudades en el año 2050.

Uno de los retos de este escenario es llevar el sistema energético al límite; en este sentido, se buscaría la mayor penetración de fuentes renovables posible y de electricidad como energético en sectores como el transporte.

El impulso a las Fuentes No Convencionales de Energía – FNCE, permitiría electrificar la economía; la política de eficiencia energética apuntaría a una fuerte incorporación de nuevas tecnologías y de energéticos más limpios, y a la limitación del uso de equipos ineficientes, lo que significaría cambios trascendentales en los sectores de transporte e industria, y en refinerías.

Para llevar a cabo el análisis de impacto de los diferentes supuestos, se utiliza como escenario de referencia el que se llevó a la COP 21, es decir el de mitigación de la Contribución prevista y determinada a nivel nacional de Colombia - NDC¹⁷ (por sus siglas en inglés), a partir del cual se suscribió el compromiso no condicionado de reducir en 2030 el 20% de las emisiones frente al escenario BAU y el condicionado de reducción en un 30% frente al BAU. Particularmente, estos dos escenarios de mitigación se construyen a partir del escenario No. 14 del Plan de Expansión de Referencia de Generación y Transmisión - PERGT 2014 - 2028¹⁸, el cual a su vez tomó como escenario BAU el escenario 7 del PERGT 2014-2028.

20

3. Supuestos fundamentales.

A partir de la definición de escenarios, los supuestos fundamentales que inciden de manera transversal la modelación de los escenarios planteados son las tendencias demográficas, el crecimiento económico y la dinámica de precios de los energéticos.

¹⁶Disponible en:

http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=AB3CF9E4FECACA74F0238DBD8AC911B0?sequence=1. Consultada octubre 2018.

¹⁷ <http://www.minambiente.gov.co/index.php/estrategia-colombiana-de-desarrollo-bajo-en-carbono/documentos-tecnicos-de-soporte-construccion-indc#documentos-relacionados>

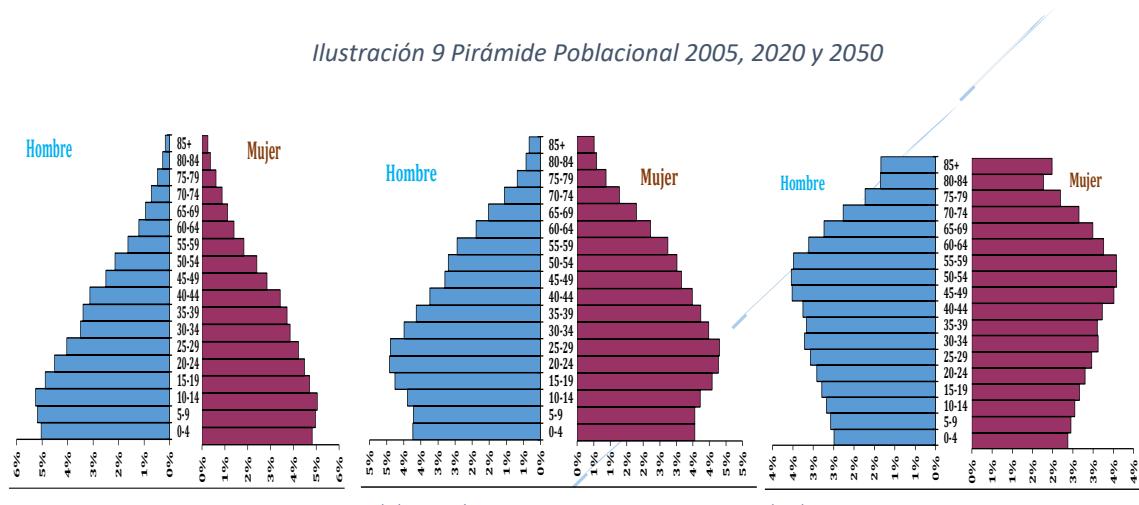
¹⁸ http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Expansion/2014/Plan_GT_2014-2028.pdf, Página 331 a la 338

3.1 Demográficos

La situación actual y futura de la pirámide poblacional del país indica que Colombia acelerará su envejecimiento, tal como se muestra en la Ilustración 9, destacándose los siguientes aspectos.

- La población menor de 30 años se reducirá: En 2005 era el 57% y en 2050 será el 32%.
- Las personas de 40 años o más se incrementarán: En 2005 eran el 28% de la población y en 2050 serán el 55% de la población.
- Las personas entre 40 y 65 años serán el grupo etario dominante, en la población económicamente activa.

Ilustración 9 Pirámide Poblacional 2005, 2020 y 2050



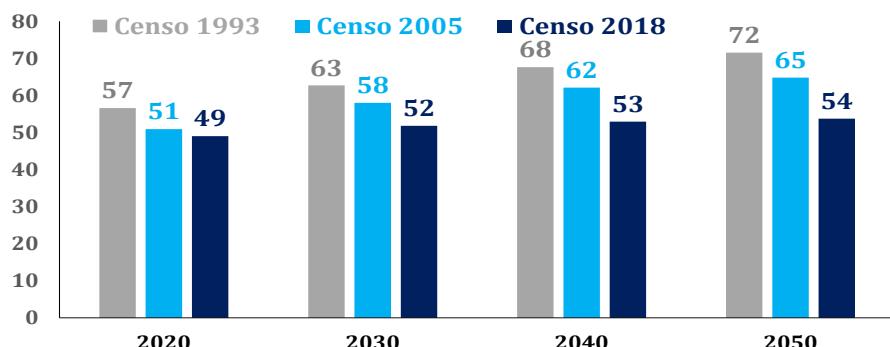
Fuente: Elaboración propia. UPME 2018. A partir de datos DANE

21

El Censo 2018 confirmó cambios demográficos en la población de Colombia (bajo crecimiento poblacional, caída en la tasa de fecundidad, aumento de la esperanza de vida, aumento de la población adulta mayor, caída en la participación de la población joven) ya advertidos en encuestas de hogares y Multipropósito (Bogotá): a) la población se ubica en 48.3 millones, cifra que supera en 4,4 millones a la población censada en el anterior censo de 2005; luego, la población de Colombia creció entre 2005 y 2018 a una tasa anual de 0,96%, una de las más bajas en Latinoamérica y menor en 33 puntos básicos al crecimiento anual observado en el pasado período intercensal (1993 – 2005); b) el tamaño de los hogares se redujo de 3,5 a 3,1 personas; c) la población mayor de 65 años incrementó su participación en la pirámide poblacional: 6,3% en 2005, 9,1% en 2018; d) la población menor de 15 años se reduce de 30,7% de la población total en 2005 a 22,3% en 2018.

Las previsiones de la UPME sobre el tamaño de la población, a partir del censo 2018, y las proyecciones realizadas por el DANE, el Fondo de Población de Naciones Unidas (UNFPA) y el Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE), señalan que en 2050 Colombia tendrá 54 millones de habitantes, una cifra menor en 18 millones a la previsión 2050 realizada a partir del censo de 1993, y 11 millones de personas por debajo de lo proyectado a partir del Censo de 2005. Ilustración 10.

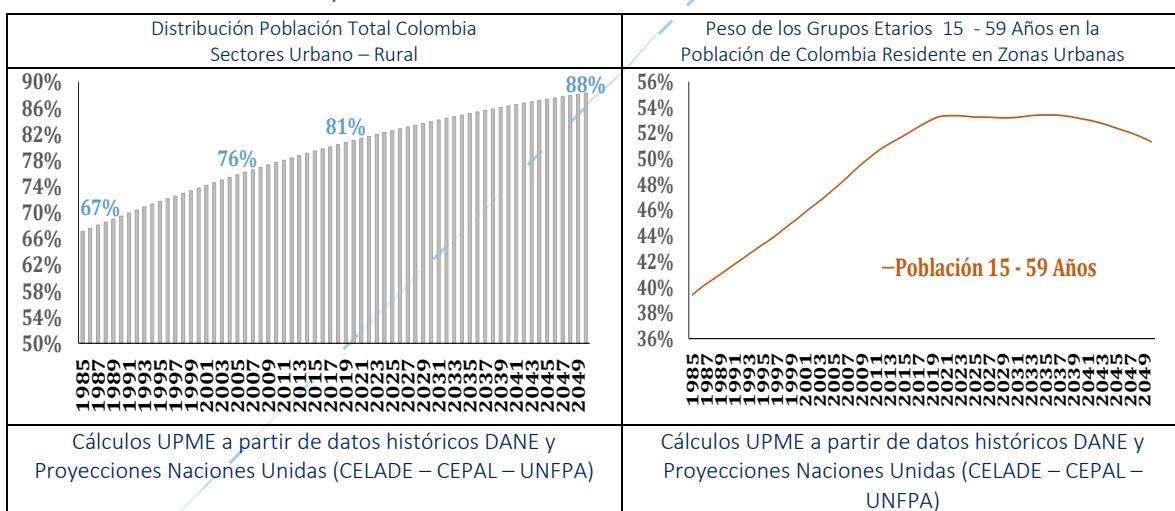
Ilustración 10 Evolución y Proyección Población Total Colombia Según Resultados y Previsiones Censales



Fuente: Cálculos UPME a partir de datos históricos DANE y Proyecciones Naciones Unidas (CELADE – CEPAL – UNFPA)

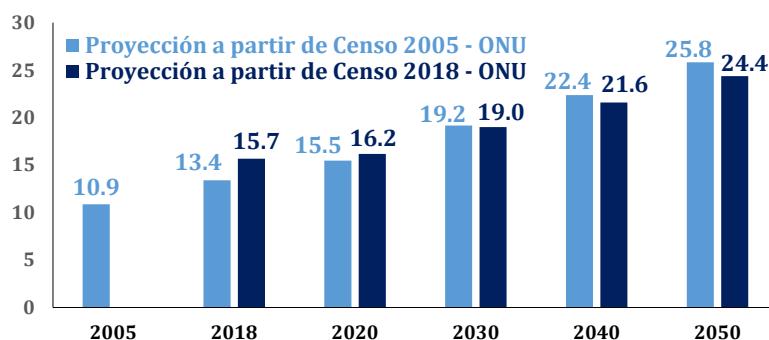
Por área geográfica, en 2018 la población en cabecera representó el 78% y el denominado *resto* (compuesto por centro poblado y rural disperso) representó el 22%. Las proyecciones a 2050 de la distribución de la población por área muestran una transición acelerada de la población hacia áreas urbanas. La población en el área rural en el año 2050 sería el 12% de la población total, reduciéndose su participación en 10 puntos porcentuales con relación a 2018. Ilustración 11.

Ilustración 11 Porcentaje de la Población Total de Colombia que Reside en Zonas Urbanas & Participación Población de 15 – 59 Años en Población Urbana



El aumento de los hogares unipersonales y de dos personas (en su mayoría matrimonios y uniones libres entre parejas heterosexuales y una tendencia creciente en uniones libres de parejas homosexuales), impulsa el crecimiento del número de hogares, con una reducción de su tamaño. En 2018, el número de hogares estimado fue de 15,7 millones, cifra superior en 2,3 millones a la estimación del DANE a partir de resultados del Censo 2005, lo que representa un crecimiento promedio anual de 3,4% entre 2005 y 2018. En 2050 habrá 24 millones de hogares, con un ritmo de crecimiento anual menor, de 1,7% entre 2018 y 2050. Ilustración 12.

Ilustración 12 Número de Hogares en Colombia (Millones)

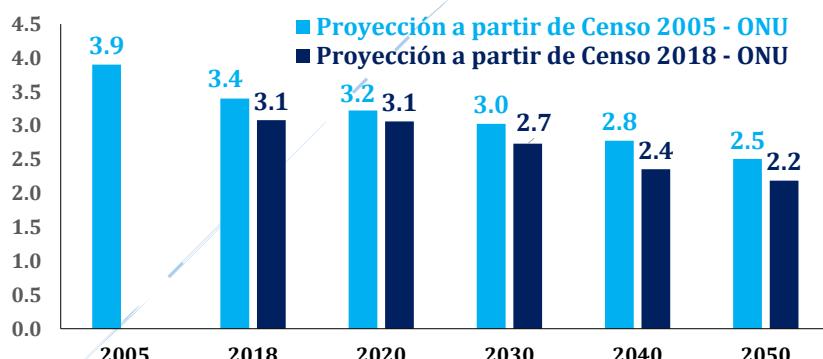


Fuente: Cálculos UPME a partir de datos históricos DANE y Proyecciones Naciones Unidas (CELADE – CEPAL – UNFPA)

El número de personas por hogar entre 2005 y 2018 se redujo en 21%, pasando de 3,9 personas a 3,1 personas por hogar. Esta tendencia a la baja en el tamaño de los hogares se acentuará: en 2050, las proyecciones demográficas de la UPME estiman el tamaño por hogar en 2,2 hijos, evidenciando la aceleración del envejecimiento (menos nacimientos, mayor esperanza de vida), la reducción en la tasa de fecundidad de la mujer y el aumento de hogares unipersonales y de 2 personas. Ilustración 13.

Ilustración 13. Evolución y Previsión Número de Personas por Hogar en Colombia

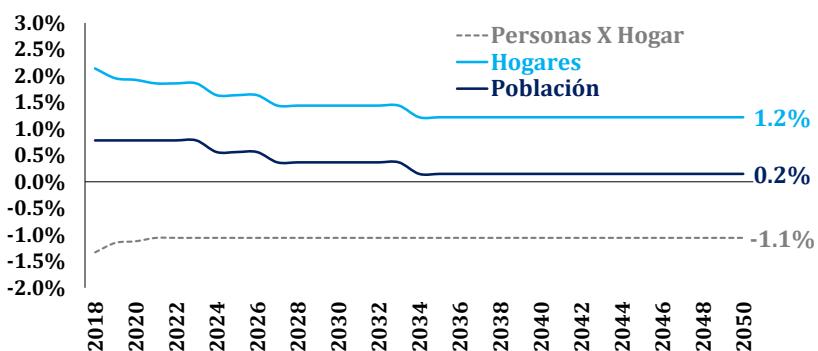
23



Fuente: Cálculos UPME a partir de datos históricos DANE y Proyecciones Naciones Unidas (CELADE – CEPAL – UNFPA)

En relación con las dinámicas de crecimiento poblacional, la tendencia es a la baja, convergiendo en una situación de estado estacionario (la población deja de crecer, se estabiliza alrededor de un nivel, para luego disminuir a un ritmo lento, en ausencia de migraciones): a 2050, el crecimiento poblacional podría situarse en un 0,2%. El número de hogares seguirá creciendo, aunque a un menor ritmo, convergiendo en una tasa de 1,2%, lo que conduciría a que en 2050 los hogares tengan un tamaño promedio de 2,2 personas. Ilustración 14.

Ilustración 14 Dinámicas de Crecimiento Poblacional Anual en Colombia. Proyectadas a 2050



Fuente: Cálculos UPME a partir de datos históricos DANE y Proyecciones Naciones Unidas (CELADE – CEPAL – UNFPA)

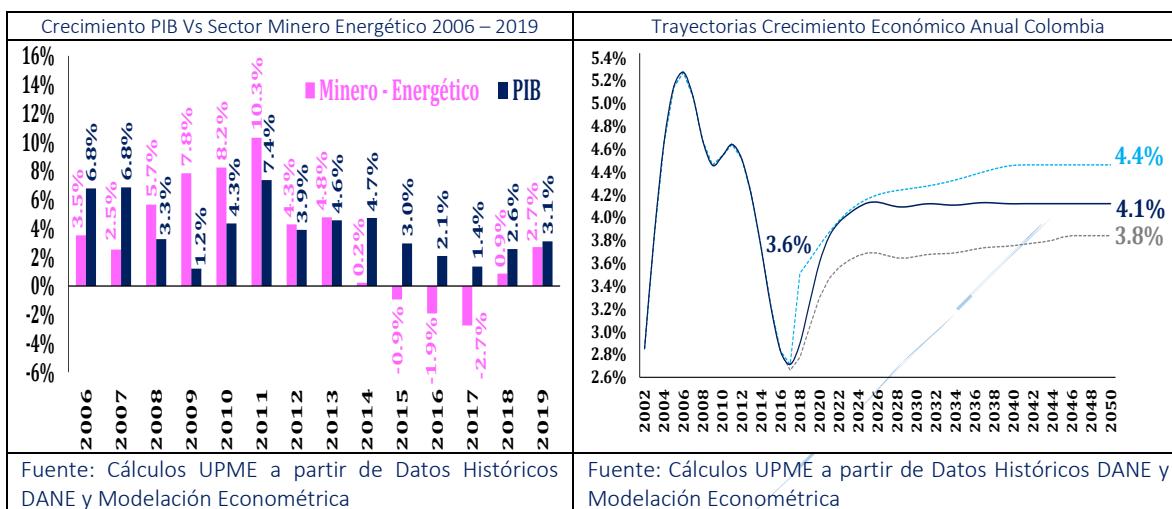
3.2 Crecimiento económico

Entre 1950 y 2018, Colombia ha sido la economía con la mayor tasa de crecimiento económico anual en Latinoamérica: 4,2%. Así mismo, es el país latinoamericano con menor número de años con crecimiento económico negativo (sólo uno, 1999), y el único país en la región en no haber experimentado hiperinflaciones (inflaciones mayores al 50%), ni haber declarado moratoria de su deuda externa. Por estas razones, aparte de su tradición democrática, Colombia ha sido considerada el paradigma de economía resiliente, la economía más estable de Latinoamérica y una de las economías emergentes con mejores perspectivas de crecimiento a largo plazo.

La economía colombiana tuvo entre 2002 y 2014 un crecimiento promedio anual de 4,5%, siendo su mayor expansión desde el período 1967 - 1974 (Ilustración 15) impulsado por la recuperación de la industria y la construcción, el fortalecimiento del comercio y la banca, y el precio alto de las materias primas, en particular, el petróleo, con niveles de precios que alcanzaron su punto máximo entre 2010 y 2014, período durante el cual el precio promedio (Referencia Brent) se ubicó en USD 108/barril. Posteriormente, la sobreoferta de crudo impulsada por la exploración no convencional, y la desaceleración de las economías desarrolladas, particularmente en Europa, impulsó una fuerte caída en precios del crudo, desde el segundo semestre de 2014, cuyo punto más crítico se dio en febrero de 2016, cuando el precio del petróleo cayó a USD 28/barril.

Ilustración 15 Crecimiento PIB Vs Sector Minero Energético. Trayectorias Crecimiento Económico Anual Colombia.

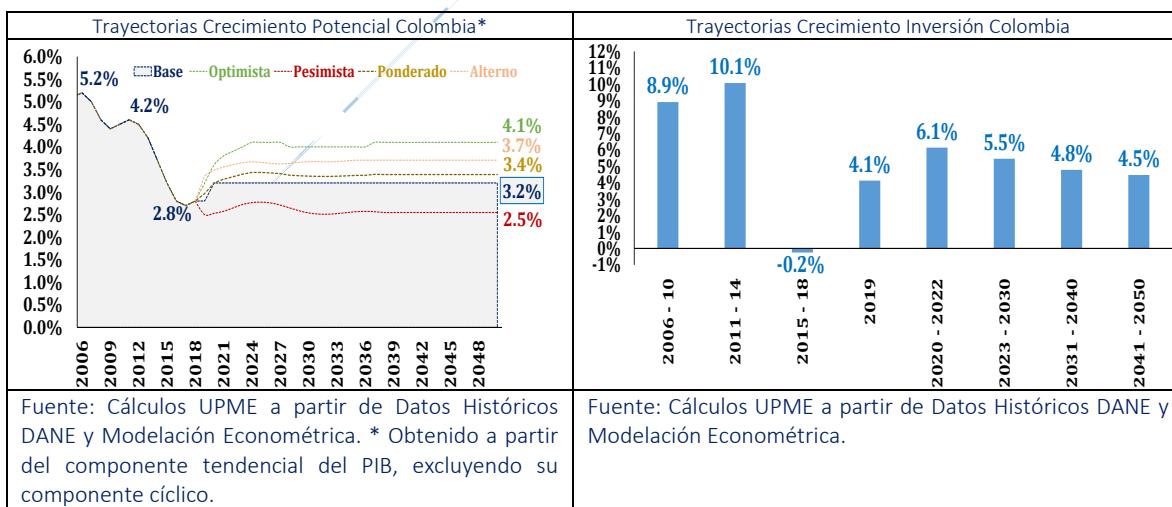
Fan Chart 2019 – 2050



Las trayectorias de crecimiento potencial (a partir de desagregar el componente tendencial del componente cíclico del PIB) muestran que Colombia tiene un rango ubicado entre 2,5% y 4,1% (Ilustración 16). En consistencia con el Fan Chart de crecimiento económico (Ilustración 12), hay un escenario base de crecimiento potencial a largo plazo, que converge a 3,8%.

25

Ilustración 16 Trayectorias Crecimiento Potencial Anual Colombia 2050 y Escenario Asociado Crecimiento Inversión*

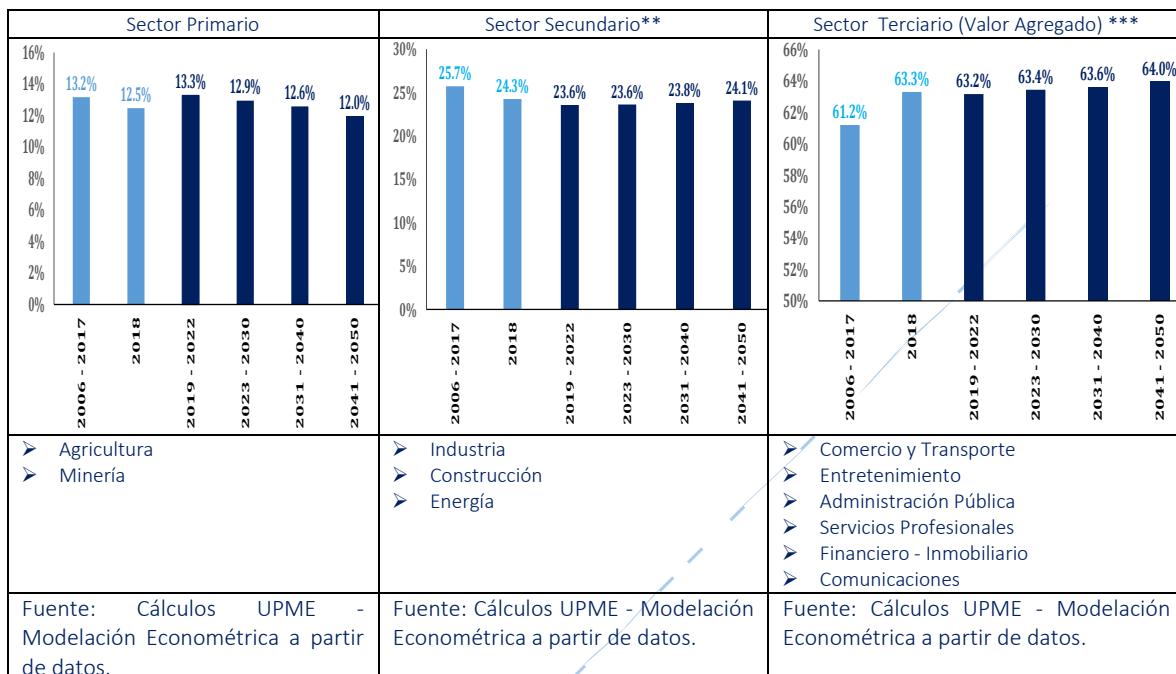


*

Acorde a las previsiones de crecimiento de cada uno de los doce sectores productivos, se espera que Colombia, a largo plazo, se consolide como una economía de servicios; el sector primario seguirá cediendo participación, estabilizándose a 2050, en el 12% del PIB. El sector secundario conformado por Industria, Construcción y Energía (Suministro y comercialización de electricidad y gas natural)

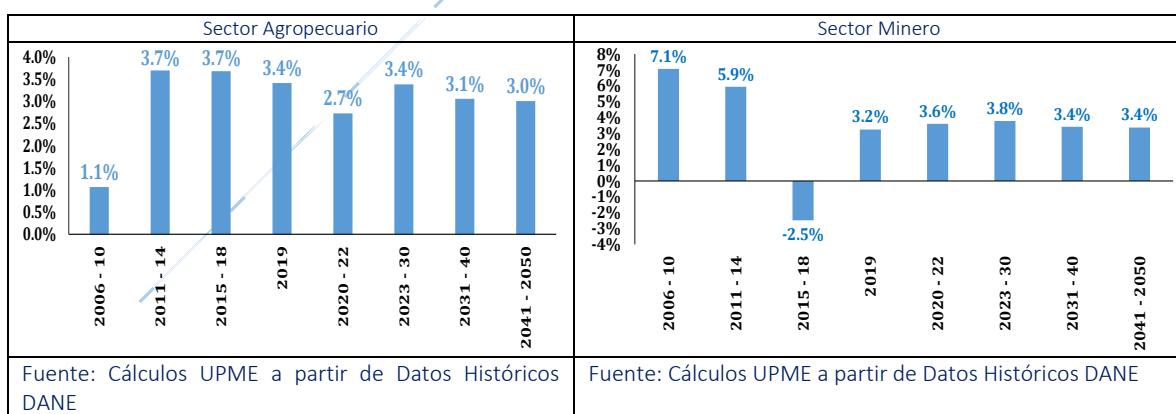
tenderá a situarse en el 24% del PIB; en consecuencia, el 64% el PIB en Colombia 2050 provendrá del sector terciario, lo que permite inferir que el PIB nacional se concentrará cada vez más en sectores menos intensivos en consumo de energía. Ilustraciones 17 y 18.

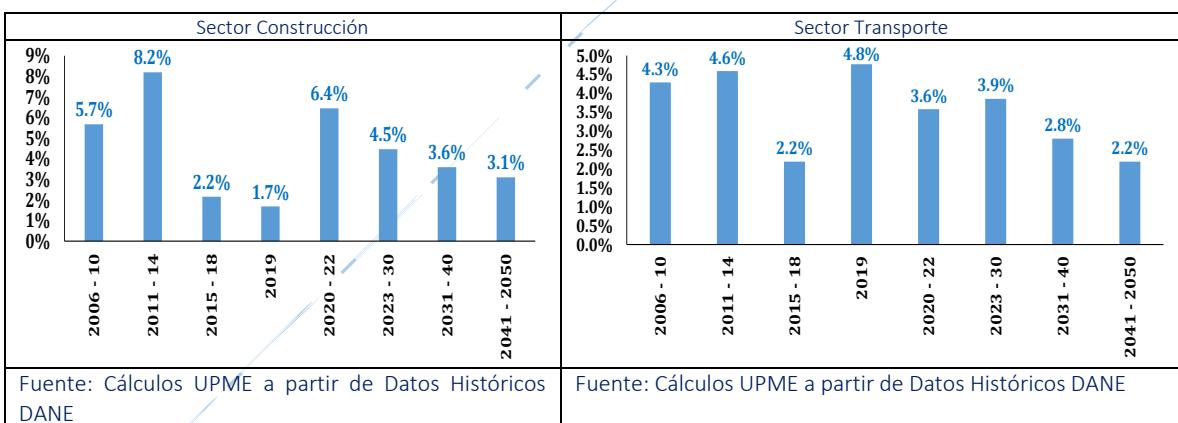
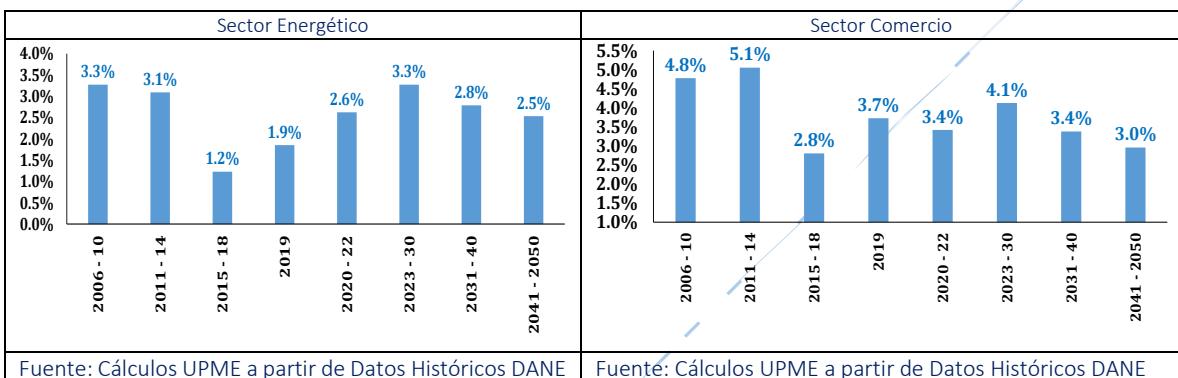
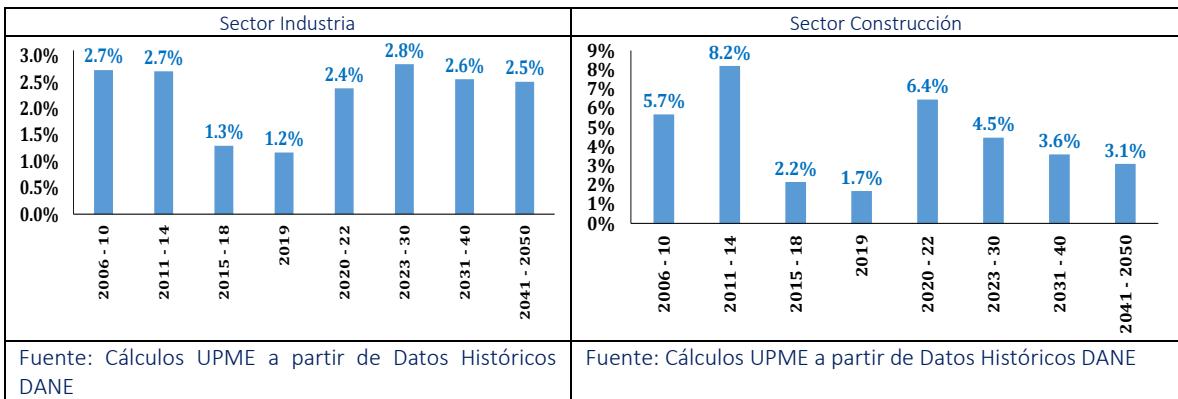
Ilustración 17 Histórico y Previsión Participación PIB (Valor Agregado)



26

Ilustración 18. Histórico 2006 – 2018 & Previsiones Crecimiento Anual Sectores Productivos 2019 – 2050





3.3. Inflación y Precios de los Energéticos

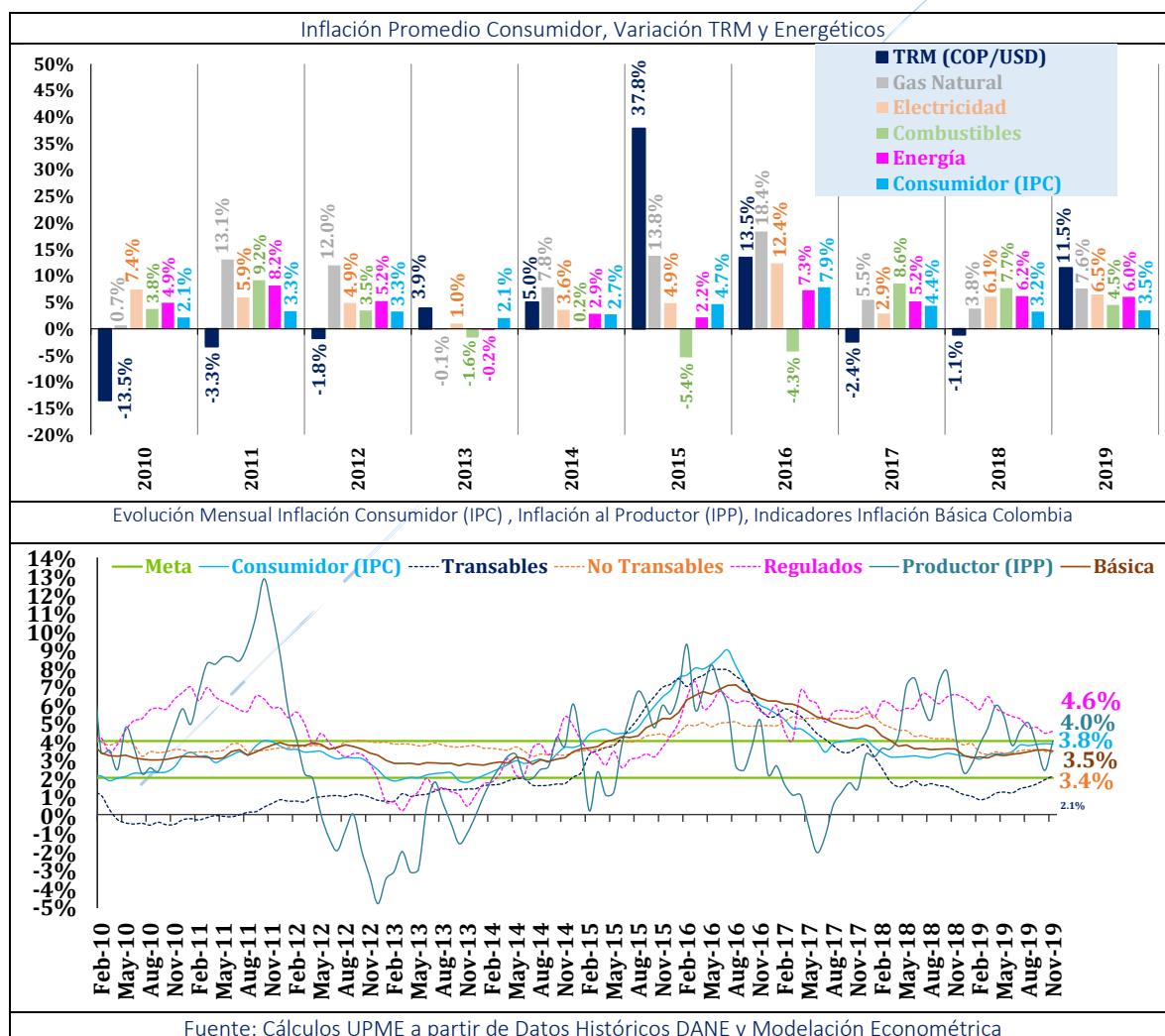
En Colombia, durante el período 1999 – 2019, el crecimiento de las tarifas de energía eléctrica, gas y combustibles para vehículos automotores se ha ubicado, en promedio, por encima del crecimiento del total del índice de precios al consumidor.

En el año 2019, todos los energéticos han aumentado su precio por encima del total de la inflación, acentuándose la tendencia inflacionaria del gas, con un marcado y continuo crecimiento de los

precios (6,82% en septiembre de 2019), respecto a lo que se viene evidenciando en los precios de energía eléctrica (4,38% en septiembre de 2019) y de los combustibles (4,37% en septiembre de 2019), los cuales sí han moderado su crecimiento en los últimos meses.

Desde el punto de vista metodológico, al comparar las últimas dos revisiones del Índice de Precios al Consumidor (IPC) que ha realizado el DANE (base 2008 y base 2018), se ha identificado que el gasto que realizan los hogares en gas y de energía eléctrica gana participación en la canasta IPC: entre 2008 y 2018, el gasto de los hogares en electricidad pasó de 2,86% a 2,94% en 2018; el gasto en gas pasó de 0.90% a 1,02. Se infiere entonces que, por su mayor peso en la canasta familiar de bienes y servicios, los precios de energía eléctrica y gas ejercerán una mayor presión inflacionaria en el agregado de precios del IPC. Para el caso de los combustibles para vehículos automotores, se observó la misma participación en el gasto de los hogares entre 2008 y 2018; 2,91%. Ilustración 19.

Ilustración 19 Inflación Energéticos Versus Inflación al Consumidor (IPC) 2010 – 2019



Con lo anterior, la política pública que guíe la formación de precios de los energéticos se convertirá sin duda alguna en una variable fundamental que deberá ser capaz de arbitrar eficientemente, tanto

el logro de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en aspectos claves como la modernización de los mercados actuales y la promoción e innovación, como la mejora de la regulación y vigilancia de los mercados energéticos, entre otros. Al mismo tiempo deberá ser capaz de garantizar la oferta a través de estímulos a la inversión. El éxito de poder responder de la manera más eficiente a todas estas metas de política será sin duda la estructura tarifaria y de precios que se logre determinar, de modo tal que permita optimizar las decisiones de oferta y demanda de los agentes de la cadena energética, en el nuevo escenario de la transformación energética que se plantea para la economía colombiana.

3.4 Proyección de precios

La formación de precios finales dependerá del comportamiento de los diferentes componentes de los costos incluidos en la fórmula tarifaria. En este sentido, existen energéticos que son más sensibles al comportamiento de precios internacionales, como el caso del gas natural y de los refinados, y otros menos expuestos al mercado internacional, como la energía eléctrica.

Adicionalmente, aunque en menor medida, también es importante tener en cuenta el comportamiento de los demás componentes que forman los precios, los cuales responden a incrementos regulados, normalmente indexados con el índice de precios al consumidor.

En el caso de la gasolina regular, el primer componente de la estructura de precios es el ingreso al productor el cual representa cerca del 61,0%. Los demás componentes en este primer eslabón (impuesto nacional, IVA, impuesto al carbono, tarifa marcación, tarifa transporte poliductos, tarifa de transporte alcohol, y margen plan continuidad) son en su mayoría actualizados con el IPC del año anterior o con la inflación anual esperada por el Banco de la República.

En el segundo eslabón, precio de venta al distribuidor mayorista, los componentes adicionales (margen distribuidor mayorista, IVA margen, sobretasa) y el tercer eslabón, precio máximo de venta planta de abasto (margen distribuidor minorista, pérdida de evaporación, transporte planta de abasto a estación de servicio) también responden a regulación interna y/o al comportamiento del IPC.

En el caso del ACPM, el primer componente de la estructura de precios, el ingreso al productor, representa cerca del 68,0%. Los demás componentes que hacen parte del costo responden también a la regulación interna o al IPC.

En gas natural, el primer componente de la formación de precios es el costo del gas, expuesto a las variaciones de la tasa de cambio y eventualmente al comportamiento de los mercados internacionales de gas natural licuado, LNG por sus siglas en inglés, por su parte los cargos de transporte, nominados parcialmente en USD, también están expuestos a las variaciones de la TRM. Los cargos promedios de distribución y comercialización se ajustan en función de los precios internos (IPP e IPC), pero adicionalmente del costo unitario.

En energía eléctrica, los costos de producción, transmisión, distribución, comercialización y administración se encuentran definidos en función del comportamiento de los mercados eléctricos

para el caso de la energía eléctrica en sí misma y de la regulación económica interna en el caso de los monopolios de red.

3.4.1 Contexto internacional de formación de precios de hidrocarburos

En consideración a que tanto en el Escenario 266 como en el Escenario de *Nuevas Apuestas* se asume que el país adoptará una política de fijación de precios con criterio de paridad importación, el contexto internacional de precios de crudo puede plantearse en tres escenarios: 1 - Políticas globales actuales: BAU-; 2 - Nuevas políticas: esfuerzos concertados para introducir tecnologías más limpias y eficientes; y 3 – Políticas de desarrollo sostenible: Alineación con el acuerdo de Paris.

- Proyección de precios de petróleo:

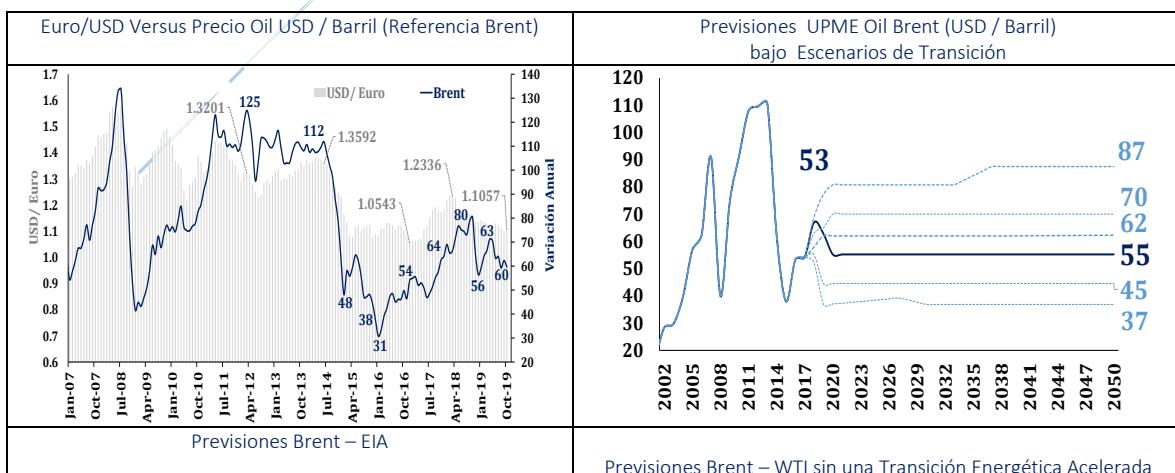
En el escenario “políticas globales actuales”, el precio proyectado aumenta a 101 US\$/barril en 2025, y a 137 US\$/barril en 2040. Esto sería resultado de la ausencia de políticas de eficiencia de uso de combustibles o uso de combustibles sustitutos, así como por la posición dominante de la gasolina. En este escenario, China e India serían los principales responsables del aumento en la demanda de petróleo.

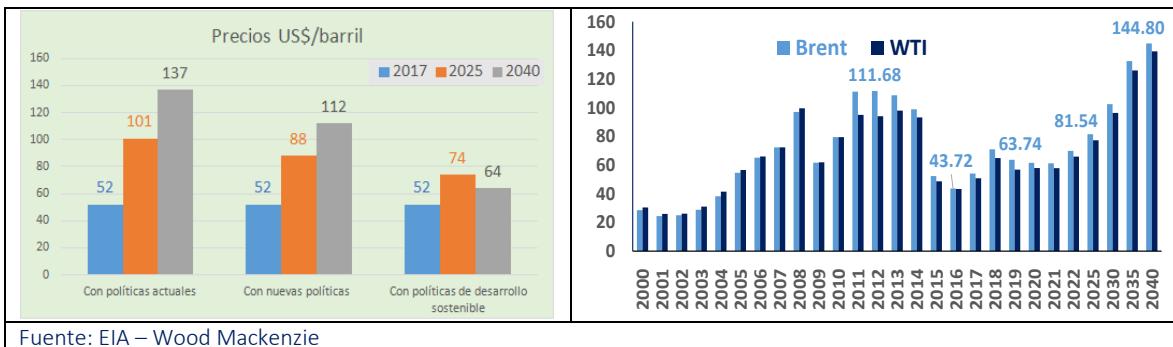
En el escenario de precios de crudo de “nuevas políticas”, el precio aumenta a 88 US\$/barril en 2025 y a 112 US\$/barril en 2040, como consecuencia de la disminución de la demanda de petróleo, principalmente por la política de eficiencia en Estados Unidos. Ilustración 20.

Finalmente, en el escenario de precios de crudo con “políticas de desarrollo sostenible”, el precio del petróleo aumenta a 74 US\$/barril en 2025 pero baja el precio a 64 US\$/barril en 2040. Las políticas para abordar el cambio climático llevan a que el pico de la demanda mundial sea el 2021; la movilidad eléctrica y la mayor eficiencia de los combustibles fósiles explican este comportamiento.

30

Ilustración 20. Histórico y Perspectivas Precio Petróleo (Referencia Brent)





Fuente: IEA (2018)

- Proyección de precios de gas natural

Para estimar las tendencias de los precios nacionales en boca de pozo se revisó la información disponible y de manera particular los reportes del gestor del mercado de gas natural, para determinar los precios medios de arranque de la proyección, y se consideran tres escenarios futuros para representar las posibles trayectorias¹⁹.

Escenario Alto: Para estimar el precio del gas natural de largo plazo en cada una de las fuentes nacionales se aplicaron las tasas de crecimiento resultantes de la utilización de metodología Netback del gas en Europa, excluyendo la prima asociada con las compras de gas en el mercado spot.

31

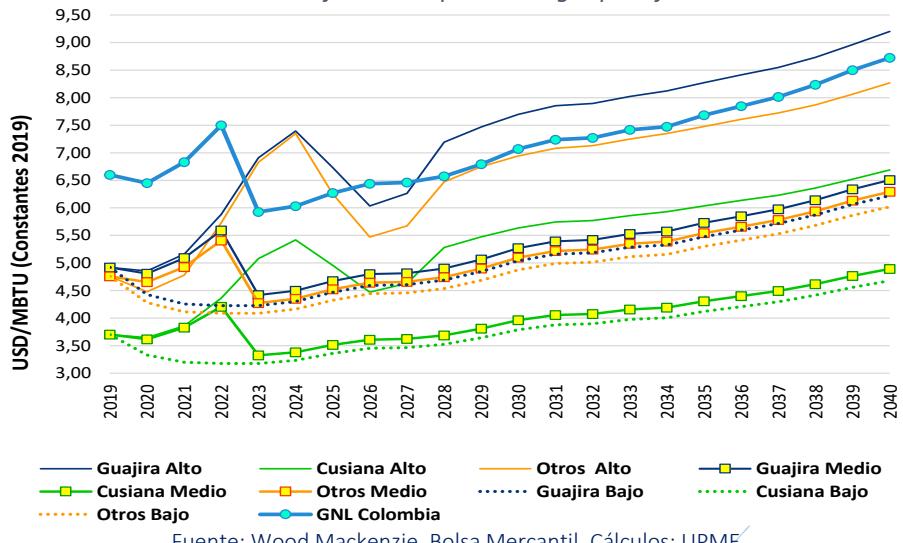
Escenario Medio: Este escenario considera la aplicación de las tasas de crecimiento de los precios de GNL en entrada a gasoducto colombiano utilizando una combinación de las metodologías Netback Europa para corto plazo y de Cost Plus Henry Hub desde el inicio de operación la planta de regasificación del Pacífico.

Escenario Bajo: El escenario bajo de precios de largo plazo de los principales campos de producción nacional se construyó aplicando las tasas de crecimiento de los precios de GNL calculados utilizando la metodología Cost Plus Henry Hub.

A continuación, se presenta la estimación de los precios de gas natural en boca de pozo de largo plazo, en nuestro país. Ilustración 21.

¹⁹ UPME (2019), “Estudio Técnico para el Plan de Abastecimiento de gas natural”

Ilustración 21 Escenarios futuros de precios de gas para fuentes nacionales



Fuente: Wood Mackenzie, Bolsa Mercantil. Cálculos: UPME

Los resultados señalan que la tasa de crecimiento medio del escenario alto se acerca al 3,22% mientras que el escenario medio es de 1,51% y el bajo lo hace en 1,17% en el periodo 2020-2040. En el escenario medios los precios en la Costa oscilan entre los USD 4,7/MBTU y USD 6,5/MBTU en términos reales de 2019 y para el Interior del país el rango es de USD 3,7/MBTU y USD 4,9/MBTU.

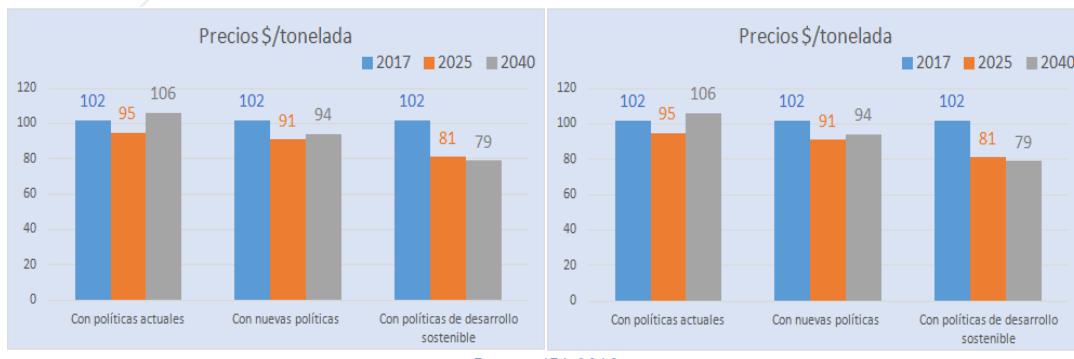
- Proyección de precios de carbón.

32

En el escenario actual de política, el precio se reduce a 95 US\$/Ton en 2025, pero vuelve aumentar en 2040 a 106 US\$/Ton. Lo anterior, debido a que, si bien la demanda de carbón aumenta 1% en promedio durante todo el período, aparece el gas como fuerte sustituto.

Con nuevas políticas, el precio se reduce a 91 US\$/Ton en 2025 pero vuelve aumentar en 2040 a 94 US\$/Ton. Lo anterior, debido a que la participación del carbón en la energía primaria mundial disminuye, y es desplazado por el gas. El aumento de precios se da por la necesidad de usar existencias disponibles de este energético. Ilustración 22.

Ilustración 22 Situación Internacional del precio del carbón



Fuente: IEA 2018

Con política de desarrollo sostenible, el precio del carbón se reduce a 81 US\$/Ton en 2025 y a 79 US\$/Ton en 2040. Lo anterior es explicado por una menor participación del carbón en la energía primaria y por el cierre de minas. Hoy en día economías desarrolladas están organizando su planeación para la generación de energía sin carbón como fuente energética.

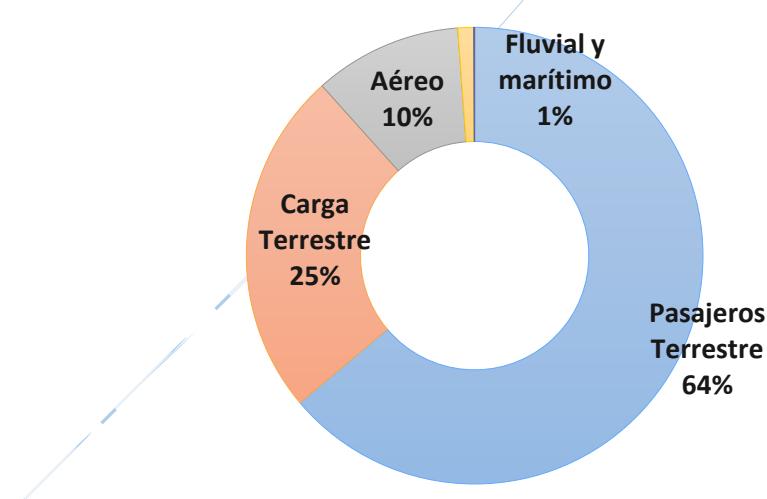
4. Proyecciones de demanda y oferta de energía

En éste capítulo, se presenta el análisis energético de cada uno de los cuatro (4) principales sectores de la economía que demandan energía (transporte, industrial, residencial y terciario), partiendo de la caracterización energética actual, del diagrama de flujo de fuentes y usos de cada sector, así como de los resultados de la modelación efectuada a 2050 y se finaliza con las proyecciones consolidadas para cada uno de los escenarios considerados, mostrando los resultados por energético, sector de consumo y nivel de emisiones

4.1 Proyecciones de energía para el sector transporte

El sector transporte representa el 40% del consumo final de energía en el país, siendo el primero en uso de energía con 524 PJ. El modo de transporte con mayor contribución en este consumo es el modo Carretero (88%), seguido del modo Aéreo (10%) como puede observarse en la Ilustración 23.

Ilustración 23 Caracterización energética y modal del sector transporte



33

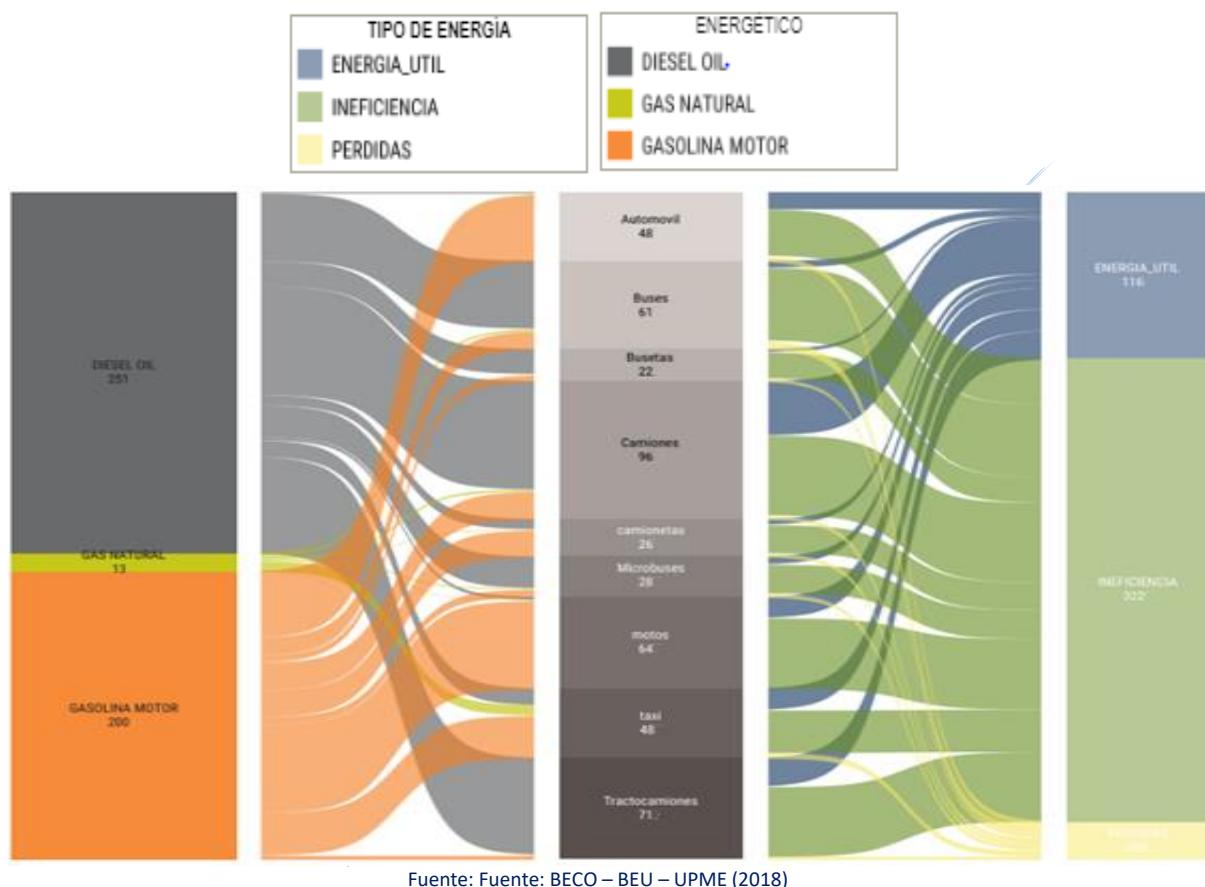
Fuente: BECO – BEU - UPME, 2019

En el Diagrama de Sankey²⁰ de la Ilustración 24, se observan las fuentes y usos de la energía del sector de transporte por carretera, así como los energéticos más usados, expresados en PetaJuliols - PJ, son la mezcla gasolina y la mezcla diésel con una participación del 97% de las fuentes de energía y que los tipos de vehículos de mayor consumo es el transporte de carga (camiones y tractocamiones) con un 36% y el transporte público de pasajeros (buses, busetas, microbuses y

²⁰ UPME. (2019). Balance Energético Colombiano – Beco. Modelos analíticos. En línea: <http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Paginas/modelos-analiticos.aspx>

taxis) con un 34%. Importante señalar el nivel de la ineficiencia energética en este sector, que alcanza un 70% de pérdidas de energía útil, que corresponde a valores típicos de las pérdidas de energía por el uso vehículos convencionales utilizados en el país.

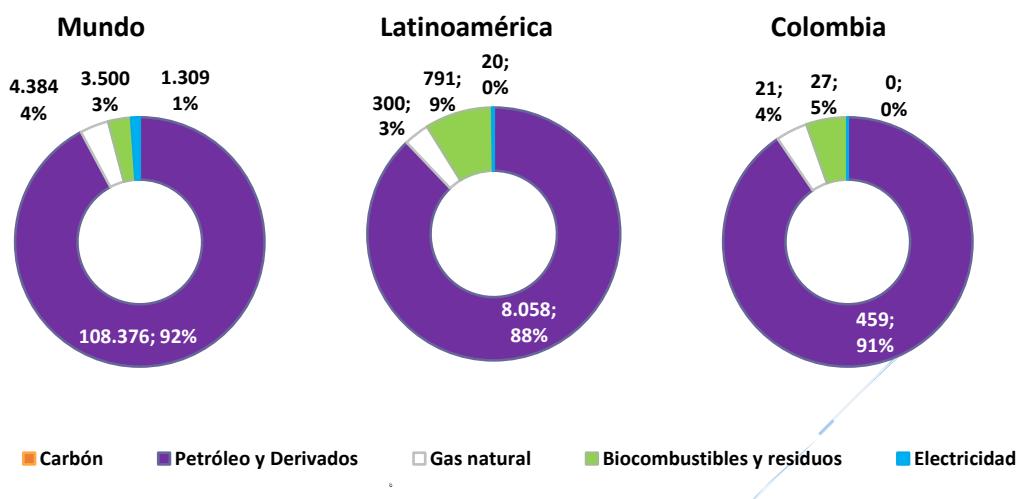
Ilustración 24 Diagrama de Sankey para el transporte por carretera (PetaJulios)



34

Al comparar el comportamiento del consumo de energía del sector transporte en el resto del mundo, Latinoamérica y en Colombia, se observa que la matriz colombiana del transporte se asemeja a la del resto del mundo salvo en la incipiente participación de la energía eléctrica. En las regiones analizadas prima notoriamente el consumo de petróleo y sus derivados: 92% (108.376 PJ) en el resto del mundo, 88% (8.058 PJ) Latinoamérica y 91% (459 PJ) Colombia. Llama la atención al compararnos con Latinoamérica el consumo de biocombustibles y residuos 3% (3.500 PJ) en el resto del mundo, 9% (791 PJ) Latinoamérica (por el uso de biodiesel y alcohol carburante en Brasil) y 5% (27 PJ) Colombia. Ilustración 25.

Ilustración 25 Comparación del consumo de energéticos a nivel Transporte – PJ (Peta Joule)



4.1.1 Consideraciones y supuestos de proyección para el sector transporte

Para la construcción de los escenarios de proyección de energía se han considerado los siguientes supuestos para el análisis del sector transporte:

- *Ley de movilidad eléctrica:*

La Ley 1964 de 2019, cuenta con medidas para impulsar la electrificación del transporte. Entre las medidas tenidas en cuenta para el análisis de prospectiva se tiene:

- a) La eliminación de las restricciones a la circulación vehicular;
- b) La iniciativa pública de uso de vehículos eléctricos, que obliga a la adquisición de una cuota mínima de 30% de vehículos eléctricos que anualmente sean comprados o contratados por parte del gobierno nacional, municipios de categoría 1 y Especial²¹.
- c) La programación de remplazo de flota en sistemas de uso masivo como se presenta en la tabla 1

Tabla 1 Porcentaje de penetración de vehículos oficiales

Año	Meta
2025	10% de vehículos adquiridos
2027	20% de vehículos adquiridos
2029	40% de vehículos adquiridos
2031	60% de vehículos adquiridos
2033	80% de vehículos adquiridos
2035	100% de vehículos adquiridos

Fuente: Ley 1964 de 2019

²¹ Exceptuando Tumaco y Buenaventura así como los prestadores de servicio público de transporte.

- *Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica – ENME-:*

La Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, busca fortalecer la movilidad eléctrica en cuatro grandes frentes que complementan la Ley de movilidad eléctrica:

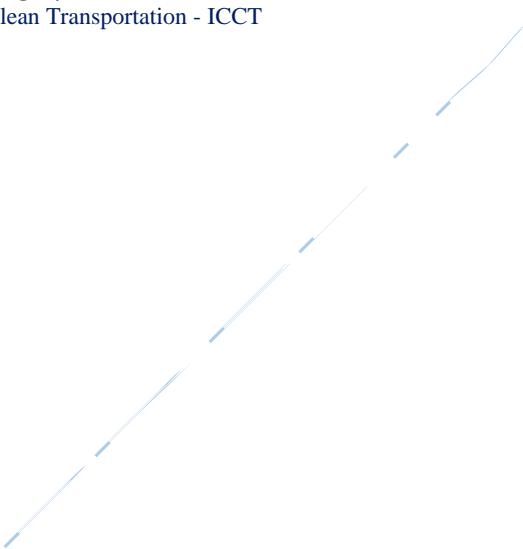
- Crear y fortalecer el marco regulatorio, político e institucional.
- Desarrollar infraestructura de recarga, anticipándose a la transformación de la movilidad²².
- Generar aproximaciones específicas al mercado.
- Acciones que incentiven y faciliten la transición hacia tecnologías de cero y bajas emisiones

De esta estrategia, se han tenido en cuenta las acciones relacionadas con la priorización de la transición en vehículos de uso intensivo (taxis, carga urbana, transporte de pasajeros).

- *Año de paridad de costo de vehículos convencional frente al vehículo eléctrico para uso privado*

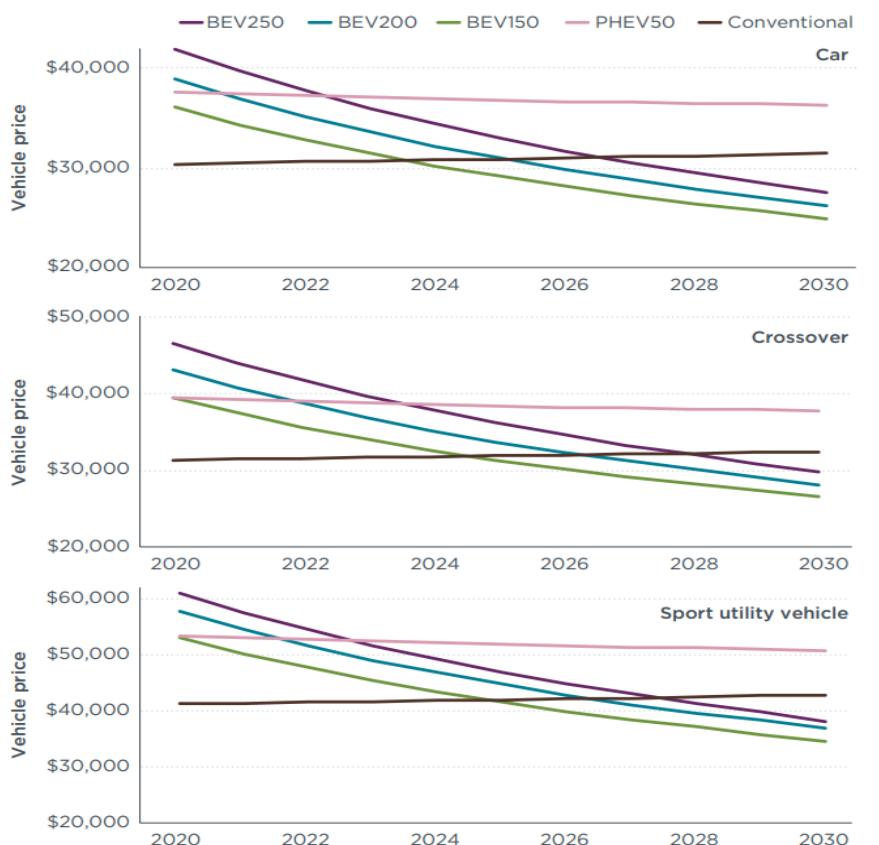
El costo de los vehículos eléctricos ha venido disminuyendo con el tiempo, y ya se cuenta con proyecciones de precios de paridad internacional en vehículos eléctricos comparados con vehículos de combustión interna (The International Council on Clean Transportation - ICCT, 2019). En este sentido, dada la disminución del costo de baterías para vehículos eléctricos, se prevé que hacia el 2024 se tenga paridad internacional, como se muestra en la Ilustración 26. Fuente: The International Council on Clean Transportation - ICCT

36



²² Para tal efecto la Unidad adelanto el estudio UPME – CONSORCIO USAENE-SUMATORIA (2019)

Ilustración 26 Comparación de costo vehículos eléctricos

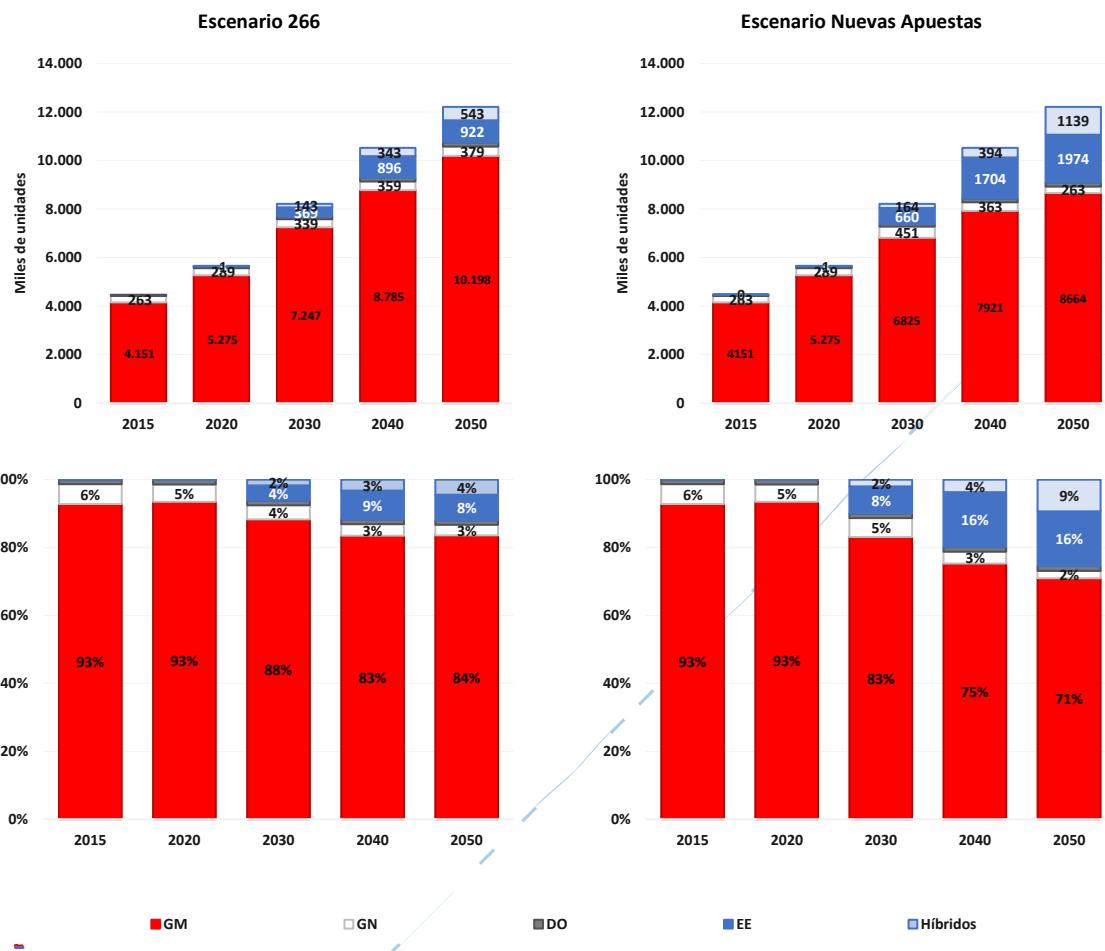


37

Fuente: The International Council on Clean Transportation - ICCT

Para efectos del análisis en Colombia asumimos un rezago de esta paridad con una penetración gradual de vehículos eléctricos particulares desde el inicio de la proyección y acentuándola a partir del año 2025 (Ernst & Young, 2019). Cabe resaltar que por el Decreto 1116 de 2017 (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia, 2017) se tiene exención de aranceles para la importación de un cupo de vehículos eléctricos e híbridos. Con esto en mente, se consideró la siguiente proyección de flota de vehículos livianos (autos, camperos y camioneta) eléctricos (Ilustración 27). Los supuestos utilizados consideran que puede lograrse una penetración, en términos de número de vehículos, entre un 15% de la flota de vehículos livianos en el Escenario 266 (1.8 Millones de vehículos) y un 27% en el Escenario de Nuevas Apuestas (3.3 Millones de vehículos).

Ilustración 27 Proyección flota de vehículos livianos (autos, camperos y camionetas) por energético



Fuente: Elaboración propia UPME, 2019

- *Penetración de GNL en transporte de carga*

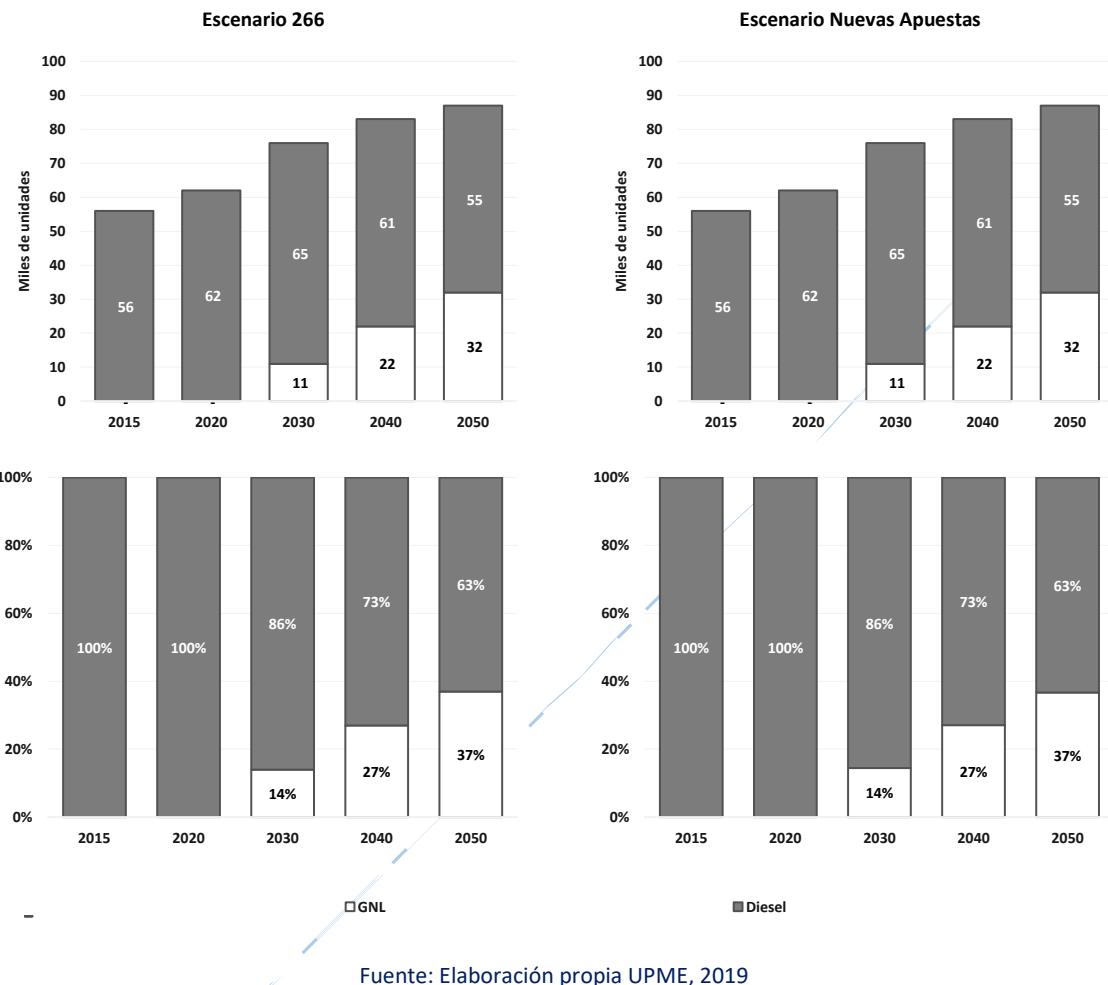
Con base en las tendencias internacionales y los estudios realizados por UPME para la estructuración del mapa de ruta para la transición hacia vehículos de bajas y cero emisiones en Colombia (UPME, Ernst & Young, 2017)²³ y de penetración de gas natural a pequeña escala con la Universidad Tecnológica de Pereira (2019), se determinó la entrada potencial de vehículos para carga interurbana que utilizan GNL como combustible, por sus beneficios económicos, técnicos y ambientales.

La sustitución de diésel por GNL para el transporte de carga se fundamenta en menores costos de inversión en infraestructura para producción, almacenamiento, mayor autonomía de los vehículos y menores capacidades de almacenamiento para distintos usos, fijándose características constructivas, operacionales y normativas de las tecnologías a implementar en el territorio nacional. Con base en lo anterior, a continuación, se presenta la proyección de tractocamiones y la

²³ <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1160>

penetración de GNL en dicho segmento para cada escenario. (Ilustración 28). Los supuestos utilizados consideran una participación cercana al 37% de vehículos utilizando GNL para el año 2050.

Ilustración 28 Proyección flota de tracto camiones carga interurbana por energético



39

- *Transición energética en transporte urbano e interurbano de pasajeros*

Tanto la Ley de movilidad eléctrica como la ENME tendrán impacto en las flotas de transporte urbano de pasajeros. Las proyecciones de flota de este segmento, incluyendo buses, busetas y microbuses se presentan en las ilustraciones 29 y 30. Vale la pena señalar que la composición del parque proyectada supone que en ambos escenarios a 2050 el combustible predominante será la energía eléctrica.

Ilustración 29 Proyección de la flota para transporte urbano de pasajeros

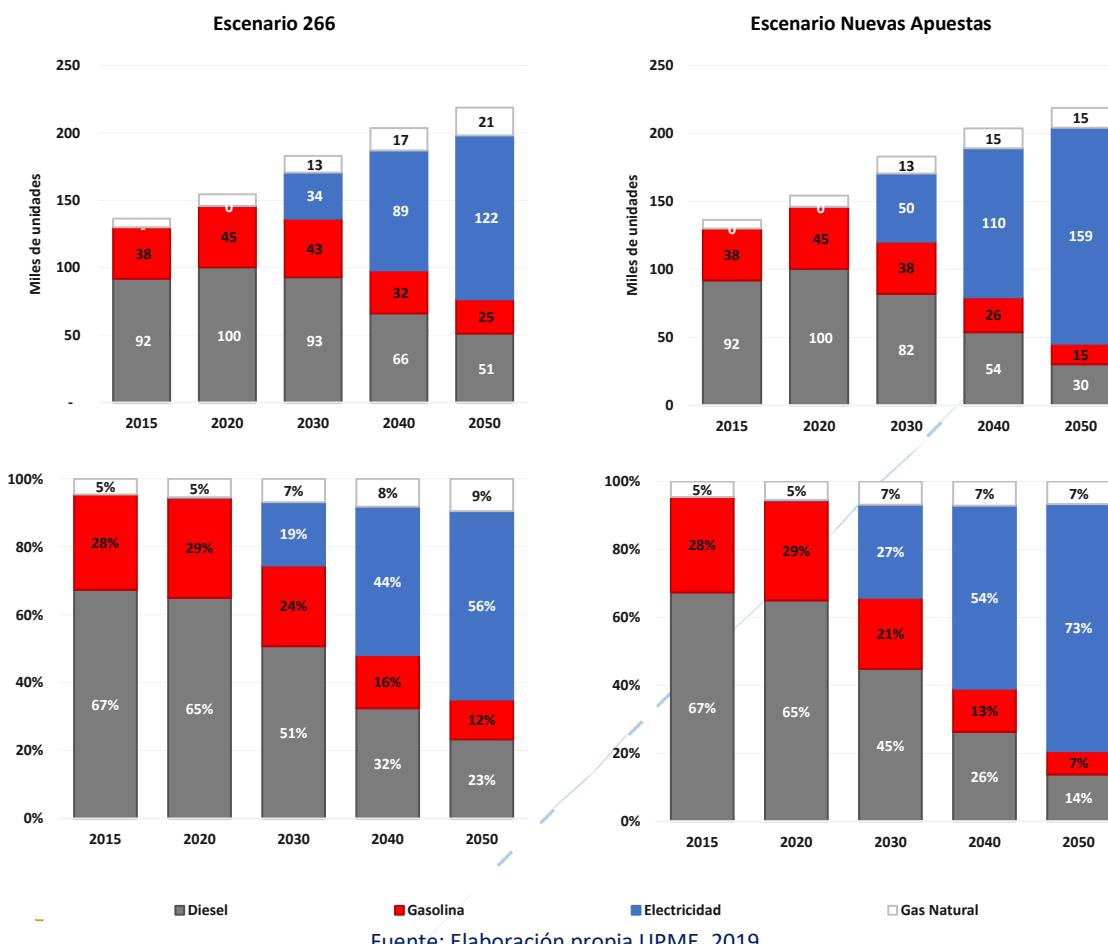
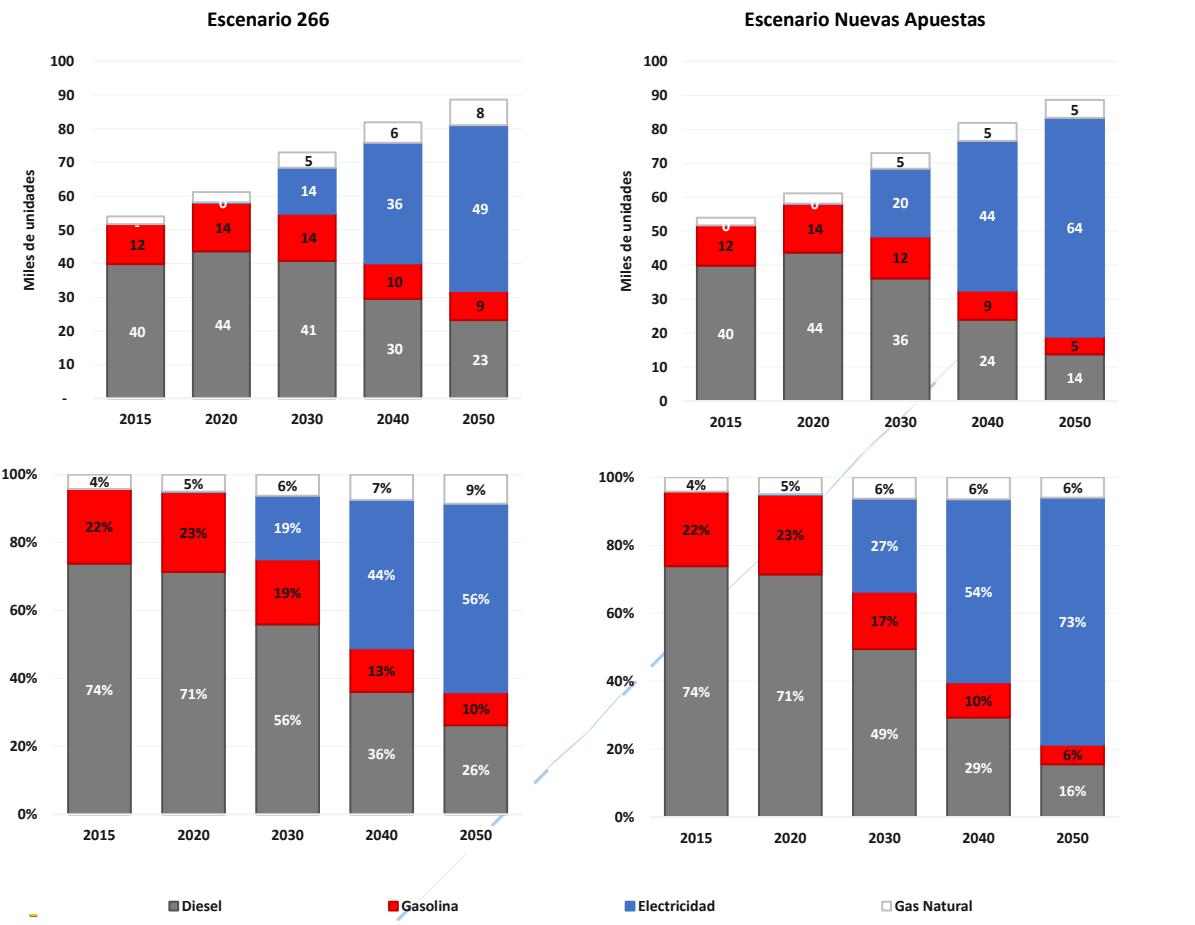


Ilustración 30 Proyección de la flota para transporte interurbano de pasajeros



Fuente: Elaboración propia UPME, 2019

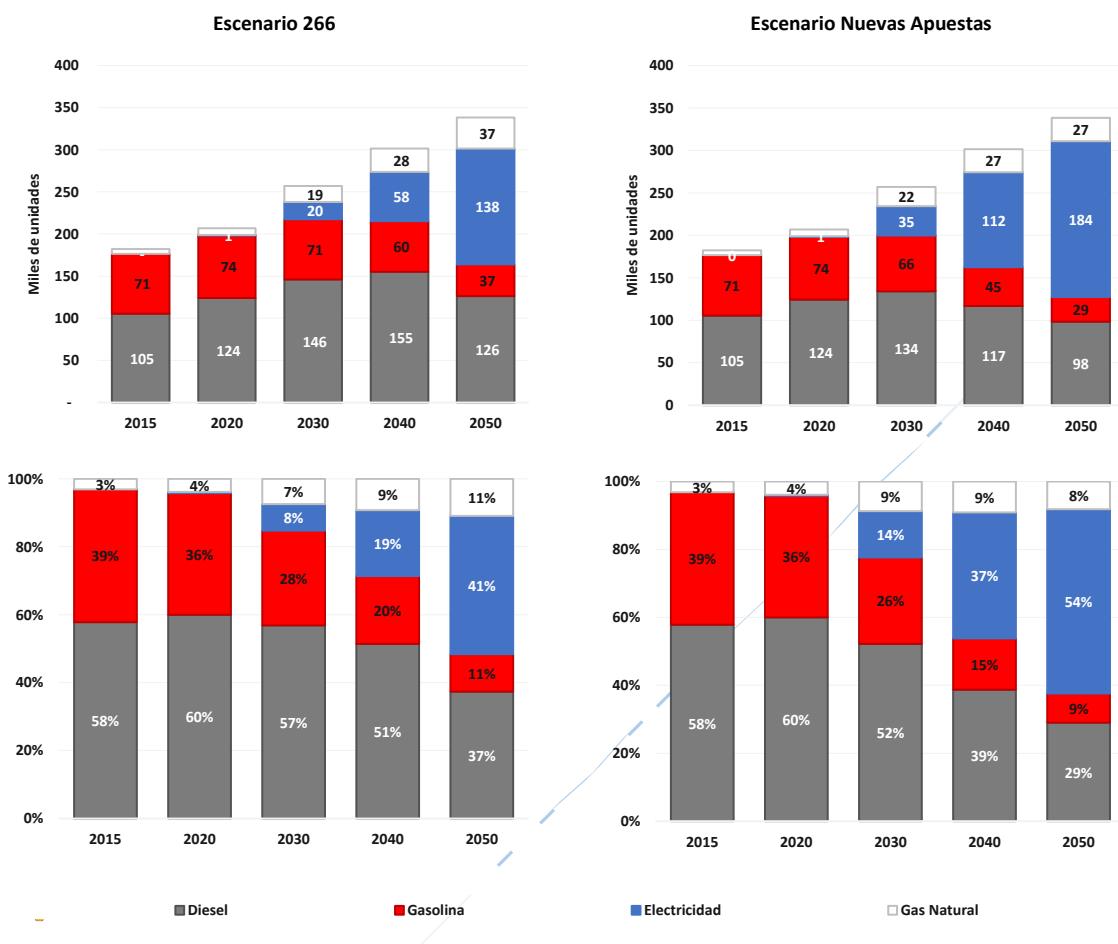
- *Transición energética en transporte de carga urbana*

El mapa de ruta para la transición hacia vehículos de bajas y cero emisiones en Colombia realizado por la UPME a partir del estudio de Ernst & Young (2017, establece que el transporte de carga urbana puede ser prestado por vehículos eléctricos. Así mismo, la ENME y la Nama MovE²⁴ prevén dicha electrificación de camiones urbanos al ser vehículos de uso intensivo pueden tener un impacto significativo en disminución de emisiones. Adicionalmente, ya existen modelos de negocio que impulsan el transporte de carga urbano eléctrico²⁵. En este sentido, las siguientes proyecciones de flota para transporte de carga urbana indican que hacia 2050 más de un 40% de la flota puede utilizar la electricidad como energético. (Ilustración 31).

²⁴ <https://ansv.gov.co/public/documentos/RendiciondeCuentasSectorial2018pdf.pdf>

²⁵ <https://www.larepublica.co/finanzas/el-grupo-bancolombia-busca-poner-a-circular-1000-camiones-electricos-en-tres-anos-2838648>

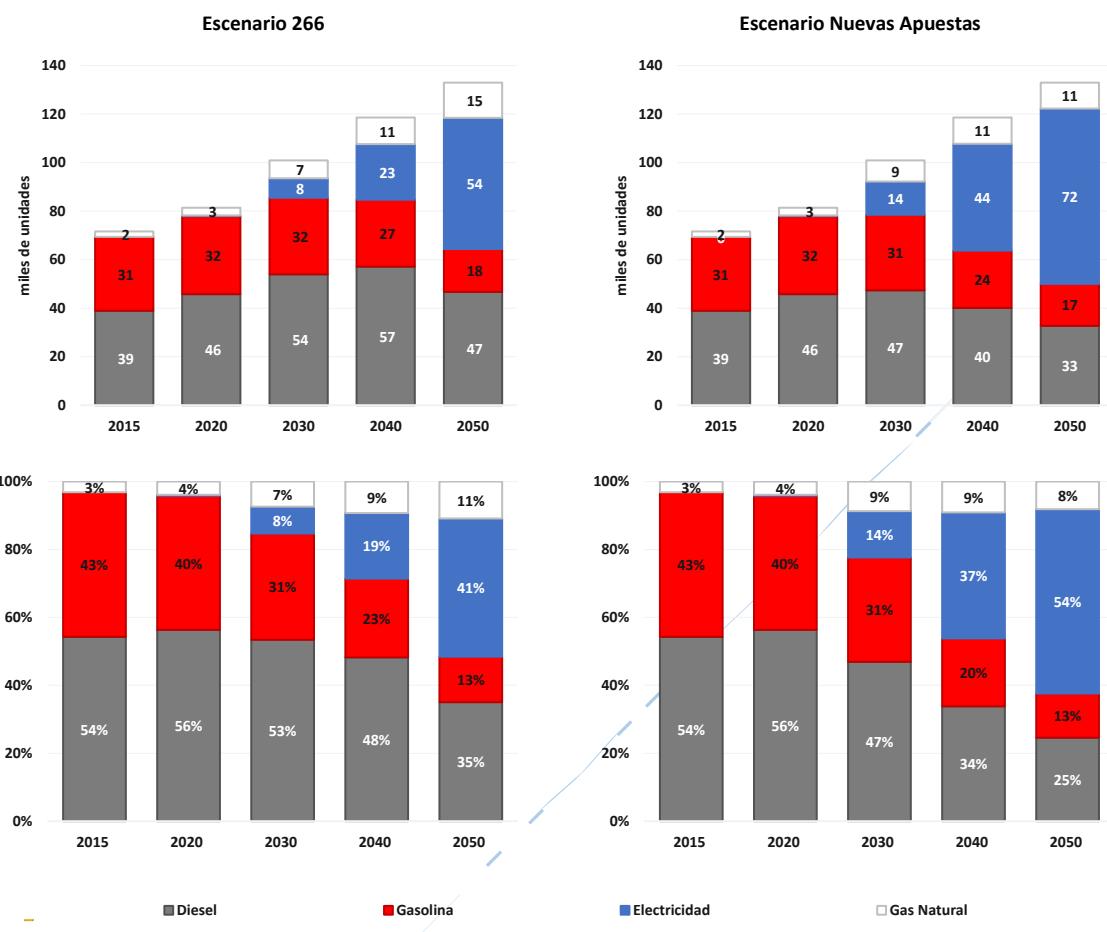
Ilustración 31 Proyección flota de camiones carga urbana



42

Así mismo, dado que la gran mayoría de camiones en Colombia son de dos ejes, es factible que parte de la flota interurbana que es prestada por este tipo de camiones sea susceptible de electrificación, para trayectos cortos. En este sentido, la proyección de flota de carga interurbana para cada uno de los escenarios del PEN, sin incluir tractocamiones, se presenta en la Ilustración 32:

Ilustración 32 Proyección flota camiones carga interurbana



43

- *Transición energética en transporte de taxis*

El WEF presentó en 2018 su visión de vehículos eléctricos para ciudades más inteligentes en el que se llama a tomar acción para priorizar la electrificación del transporte en flotas de uso intensivo y la electrificación total de las flotas de uso público²⁶. Igualmente, el estudio de mapa de ruta para la transición hacia vehículos de bajas y cero emisiones (UPME, 2017, op.cit), concluyó que a 2050, los taxis en las principales ciudades deberían ser eléctricos, tal como está ocurriendo en las principales ciudades del mundo como Londres²⁷, Oslo²⁸, Shenzhen²⁹, Amsterdam³⁰ entre otras.

Así mismo en Colombia, la ENME prioriza este tipo de flota intensiva en energía, con el fin de acelerar la transición y lograr las metas establecidas en la COP 21. En la Ilustración 33, se muestra la proyección de flota de taxis en Colombia para los escenarios del PEN donde se ha considerado en el Escenario 266 que a 2050 el 70% de los taxis serán movidos por energéticos de cero o bajas

²⁶ http://www3.weforum.org/docs/WEF_2018_%20Electric_For_Smarter_Cities.pdf

²⁷ <https://thedriver.io/2019/08/02/thousands-of-electric-taxis-in-london-have-saved-6-8-tonnes-of-co2/>

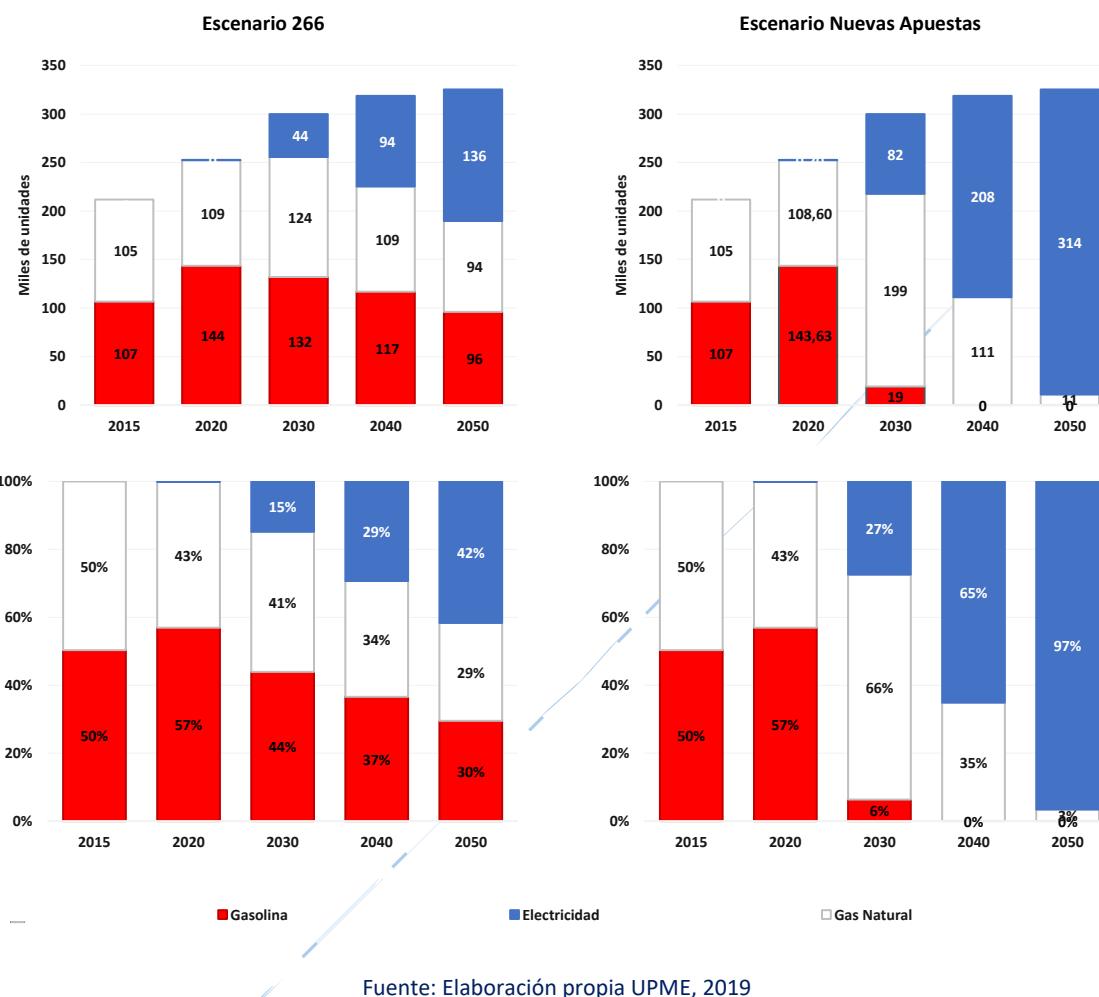
²⁸ [https://www.theverge.com/2019/3/21/18276541/norway-oslo-wireless-charging-electric-taxis-carzero-emissions-induction](https://www.theverge.com/2019/3/21/18276541/norway-oslo-wireless-charging-electric-taxis-car-zero-emissions-induction)

²⁹ <https://techcrunch.com/2019/01/04/shenzhen-electric-taxis-push/>

³⁰ <https://newmobility.news/2018/03/09/amsterdam-to-become-model-city-for-electric-taxi-fleet/>

emisiones (29% a gas y 42% eléctrico) y en el escenario de Nuevas Apuestas se asume que es factible llegar a un 97% de la flota de taxis movida por electricidad.

Ilustración 33 Proyección flota de Taxis

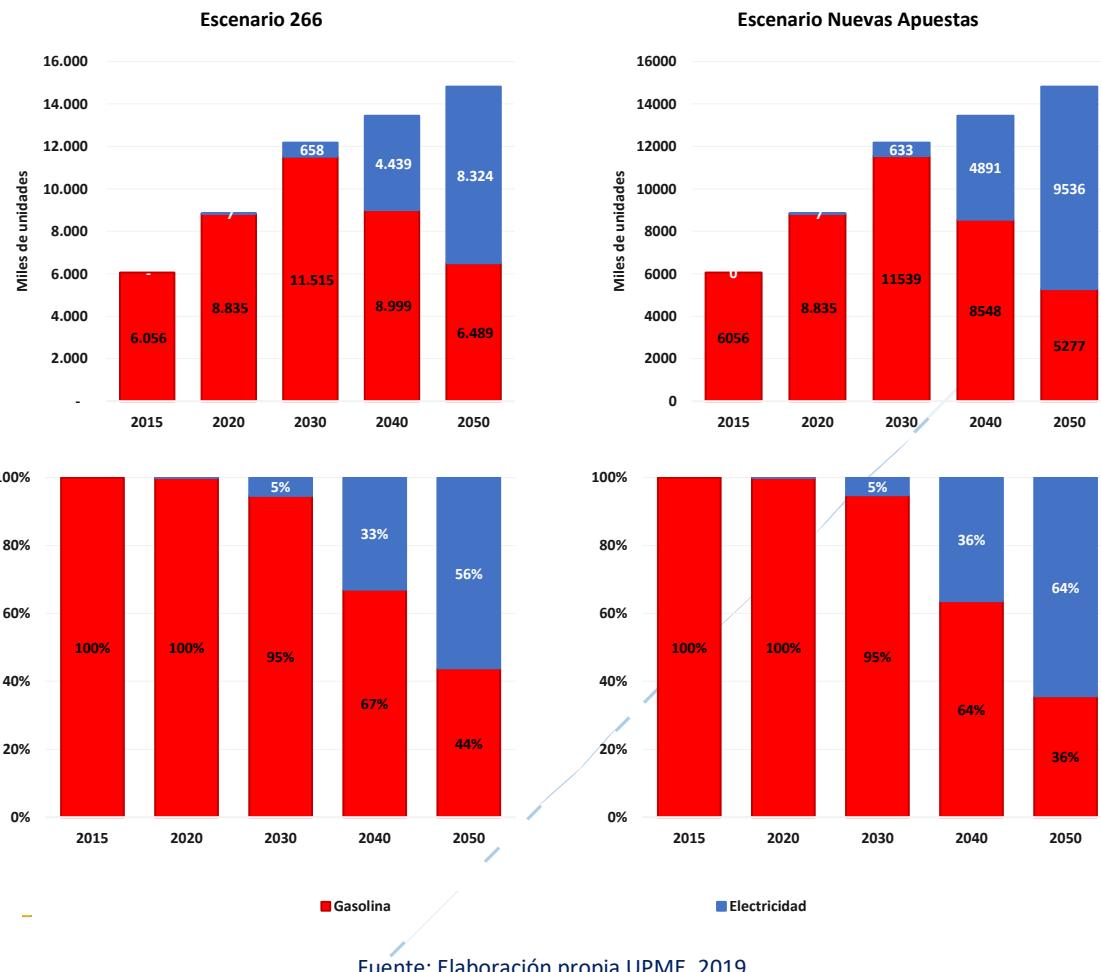


- *Electrificación motos*

Las motocicletas representan el 57% de los vehículos del parque automotor de Colombia (RUNT, 2018) con 8.313.954 motos de un total de 14.486.716 vehículos registrados en el RUNT en 2018. Por otro lado, se observan motos eléctricas a precios competitivos³¹ que pueden facilitar la transición hacia una movilidad eléctrica en este segmento de mercado. La Ilustración 34 muestra la proyección de flota de motos por energético:

³¹ <https://www.auteco.com.co/motos-electricas?&O=OrderByScoreASC>

Ilustración 34 Proyección flota de motos



45

- *Construcción del Metro en la ciudad de Bogotá³²*

Se prevé que el metro de Bogotá esté listo en 2025³³, iniciando operación en 2026 con una demanda de potencia de 100 MW.

- *Precios de combustibles*

Se utilizó un escenario medio de precios de largo plazo, teniendo en cuenta la actual política de precios de cada una de las distintas fuentes energéticas, valores obtenidos a partir de la indexación con el escenario medio de precios del crudo Brent (estimación realizada a partir de Wood Mackenzie –“Macro oils long-term outlook H1 2018”).

A partir de 2022 se consideró precios paridad de importación para el caso de los combustibles líquidos, en razón a la exigencia de consumir combustibles con ultra-bajo contenido de azufre, lo que supone importaciones continuas para el cumplimiento de las especificaciones de calidad. En el caso del gas natural, igualmente se supuso paridad de importación en razón a la previsible

³² <https://www.metrodebogota.gov.co/?q=que-es-metro>

³³ <https://www.rcnradio.com/bogota/metro-de-bogota-arranca-la-licitacion-para-su-construccion>

convergencia de los precios nacionales a los precios del mercado de LNG después de año 2023 (UPME 2019^a).

- *Multimodalidad en transporte de carga*

En la búsqueda de mayor competitividad país basada en la necesidad de encontrar modos más eficientes de transporte y sus ventajas estratégicas, el Gobierno Nacional viene potenciando la complementariedad modal para el transporte de mercancía y movilidad interurbana, mediante el desarrollo de corredores de transporte viales, férreos, marítimos y fluviales que conecten a todas las regiones del país y a Colombia con el mundo, priorizando aquellos de mayor impacto para la economía nacional.

En este sentido el Pacto por el Transporte y la Logística para la Competitividad y la Integración Regional del PND 2018-2022³⁴, contiene tiene como meta de corto plazo aumentar en más del doble los kilómetros de red férrea con operación comercial, pasando de 420 km a 1.077 km y aumentar en un 30% el transporte de carga por los ríos. Así mismo, el plan maestro de transporte intermodal 2015-2035³⁵ establece una red básica de 3.015 km de vías férreas en 20 proyectos, priorizando 1.189 km (Tren del Pacífico, Tren Bogotá-Belencito (con variantes), Tren La Dorada-Chiriguaná (con variantes)) entre 2015 y 2025 y 580 km (Tren del Carare (Belencito-Vizcaína) y Tren San Juan del Cesar-Pto. Dibulla) entre 2025 a 2035.

En cuanto a transporte aéreo, el mismo Plan Maestro de Transporte Intermodal 2015- 2035, contempla una línea base de 35 proyectos aeroportuarios para la red básica y 18 para la red de integración. Para el periodo 2015-2025 se priorizaron 31 proyectos de la red básica, donde las inversiones aeroportuarias se realizan por el aumento previsto de volumen de operaciones.

Así mismo, en 2014 el Ministerio de Transporte expidió el Plan Estratégico de Infraestructura Intermodal de Transporte - PEIT³⁶, que ha servido de base para visualizar la intermodalidad en el territorio Colombiano. Con base en lo anterior, los dos escenarios contemplados en el PEN consideran un incremento del transporte fluvial de mercancías del 1% al 3% en el horizonte de estudio, en tanto que el férreo se duplica en el mismo periodo.

- *Mejoras en eficiencia*

La UPME ha realizado estudios para una propuesta normativa con el propósito de establecer valores mínimos de eficiencia energética en vehículos livianos, con lo que se espera acelerar la transición hacia vehículos más eficientes, habilitando la implementación de políticas como el impuesto a la circulación vehicular basado en CO₂, o la política de fee-bates que busca incentivar los vehículos de menores emisiones y mejoras en la eficiencia en el consumo de combustible.

En este sentido, el estudio de balance de energía útil realizado para la UPME por IREES-TEP-CORPOEMA (2019)³⁷ permitió analizar el potencial de mejora en eficiencia energética, como se muestra en la Ilustración 35:

³⁴ <https://www.dnp.gov.co/DNPN/Plan-Nacional-de-Desarrollo/Paginas/Pactos-Transversales/Pacto-transporte-y-logistica/Transporte-y-Logistica.aspx>

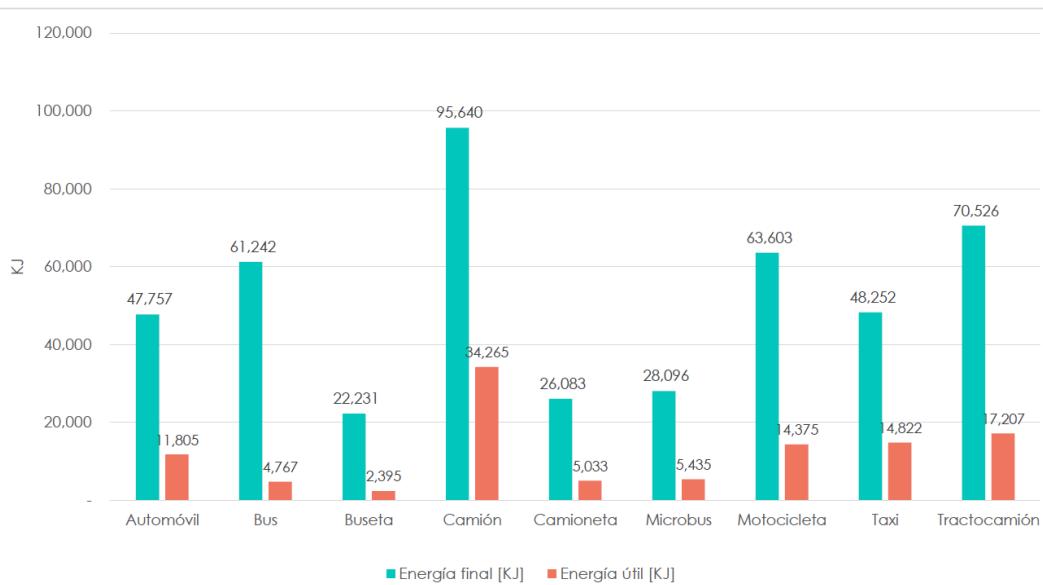
³⁵ https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/2462/PMTI_30_NOV_2015_INF_FINAL.pdf?sequence=4&isAllowed=y

³⁶ [https://www\[mintransporte.gov.co/documentos/225/peiit/](https://www[mintransporte.gov.co/documentos/225/peiit/)

³⁷ <https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Paginas/estudio-primer-balance-energia-util-para-Colombia.aspx>

Ilustración 35 Energía final año 2015 para el sector transporte y su energía útil por tipo de vehículo

Energía útil y energía final por vehículo



Fuente: Elaboración propia UPME, 2019

47

Por lo anterior, los escenarios de demanda incluyen el mejoramiento continuo de los distintos equipos de uso final que suponen innovación constante y una reducción del consumo de energía de un 2% cada diez años, para los diferentes tipos de equipos de transporte.

- Sustitución de flota oficial de vehículos*

Los resultados del estudio del programa de reemplazo de vehículos de la flota oficial realizado por la UPME en 2019³⁸ indican que en las 279 entidades públicas existe una flota de 170.700 vehículos con un potencial de reemplazo de 71.401 vehículos con los siguientes beneficios energéticos y ambientales:

³⁸ UPME-STEER (2019).

Ilustración 36 Potencial de reemplazo de flota oficial



Fuente: UPME-STEER (2019)

Finalmente, a continuación, se presentan los supuestos incorporados para cada uno de los escenarios (Tabla 2).

48

Tabla 2 Supuestos incorporados para el sector transporte en cada escenario

	Escenario 266	Escenario Nuevas Apuestas
Ley de Movilidad (Ley 1964 de 2019)	30% de vehículos oficiales y 30% de vehículos colectivos de servicio público nuevos serán eléctricos en los próximos 6 años. Para sistemas de transporte masivo: 10% vehículos nuevos a 2025, 20% a 2027, 40% a 2029, 60% a 2031, 80% a 2033, 100% a 2035 serán eléctricos.	30% de vehículos oficiales y 30% de vehículos colectivos de servicio público nuevos serán eléctricos en los próximos 6 años. Para sistemas de transporte masivo: 10% vehículos nuevos a 2025, 20% a 2027, 40% a 2029, 60% a 2031, 80% a 2033, 100% a 2035 serán eléctricos
Paridad de Capex en vehículos eléctricos	2030³⁹	2025⁴⁰
Transición en transporte de carga urbana	2030: 20.000 eléctricos	2030: 35.000 eléctricos

³⁹ Bloomberg Energy Finance y Estudio Reloj de Cuenta Regresiva de EY.

⁴⁰ Bloomberg Energy Finance.

	Escenario 266	Escenario Nuevas Apuestas
	2050: 25% flota eléctrica, 23% flota a GN	2050: 55% Flota eléctrica, 15% flota a GN
Transición en carga interurbana sin tractocamiones	2030: 8% Flota eléctrica, 7% Flota a GN. 2050: 41% Flota eléctrica, 11% Flota a GN.	2030: 14% Flota eléctrica, 9% Flota a GN. 2050: 55% Flota eléctrica, 13% Flota a GN.
Sustitución a GNL en carga interurbana en tractocamiones	2030: 11% de flota a GNL. 2050: 28% de flota a GNL.	2030: 11% de flota a GNL. 2050: 32% de flota a GNL.
Transición en Taxis	2030: 40.000 Eléctricos (15%) y 40.000 GN (40%) 2050: 30% Flota eléctrica, 30% flota GN	2030: 80.000 eléctricos (27%) y 80.000 GN (66%) 2050: 70% Flota eléctrica, 18% Flota a GN
Electrificación en Vehículos livianos (incluye autos, camperos y camionetas)	2030: 370.000 eléctricos e híbridos (6%) 2050: 12% flota eléctricos	2030: 660.000 eléctricos e híbridos (10%) 2050: 25% flota eléctricos
Electrificación en Motos	2030: 630.000 eléctricas (5%) 2050: 56% eléctricas	2030: 630.000 eléctricas (5%) 2050: 64% eléctricas
GNL en Transporte de carga	2030 11.000 a GNL (14%). 2050 37% de la flota	2030 11.000 a GNL (14%). 2050 37% de la flota
Mayor uso de transporte aéreo y ferreo	Se duplica el número de viajes	Se duplica el número de viajes
Mejoras en eficiencia	2% por década	2% por década
Entrada del metro de Bogotá	2026	2026

Fuente: Elaboración propia. UPME, 2018

4.1.2 Resultados de las proyecciones para el sector transporte

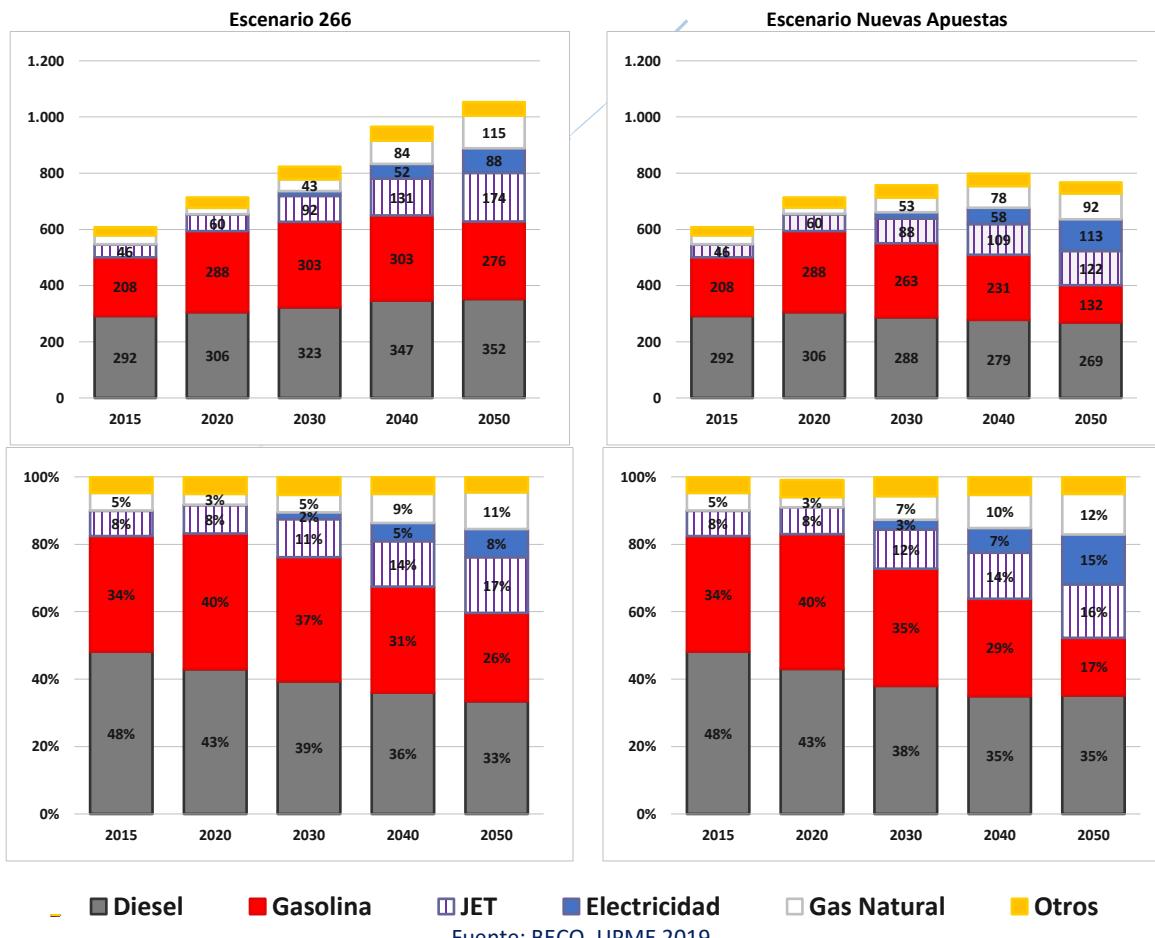
De cumplirse los supuestos que se han descrito anteriormente, la proyección de demanda realizada muestra, tanto en el Escenario 266 como en el de nuevas apuestas indica que aunque el consumo de la mezcla de gasolina y la de diésel sigue siendo necesario, es lograble estabilizar su nivel de consumo (Escenario 266) o incluso reducirlo como se puede observar en el escenario de Nuevas Apuestas. La estabilización o la reducción del consumo de combustibles líquidos en transporte se logra incrementando la participación del consumo de electricidad de menos de un 0,1% actualmente

a alcanzar un 8% en el *escenario 266* o un 16% en el *escenario de Nuevas Apuestas*. Así mismo, es notable el crecimiento de la participación del gas natural, que logra una participación a 2050 entre el 11% y el 12% en los escenarios proyectados, como el incremento del consumo del Jet Fuel, cuyo consumo se duplica en el período en análisis, como consecuencia de la mayor preferencia por este modo de transporte.

En consecuencia y como puede observarse en la Ilustración 37, se anticipa una gran transformación en la matriz energética del transporte. Así, en el *escenario 266* la participación de la mezcla de gasolina y diésel se reduce en más de un 20% a 2050, y en 50% en el *escenario de Nuevas Apuestas*. Por otra parte, la participación del gas natural se incrementa alrededor de 3,5 veces en el *escenario 266* y 4 veces en el *escenario de Nuevas Apuestas*. La electricidad de un consumo marginal a la fecha logra una participación en la matriz entre el 8 y el 15% en los escenarios planteados.

En valores absolutos es interesante observar cómo, a medida que la electricidad aumenta su participación, el consumo total se hace más eficiente. Es decir, por cada unidad energética de mezcla gasolina o mezcla diésel desplazada, hay un consumo de electricidad de entre 1/3 y 1/4 de unidad energética ya que la eficiencia máxima de un motor de combustión interna puede llegar a ser del orden de 25% mientras que la de uno que funcione con electricidad puede ser del orden de 90%

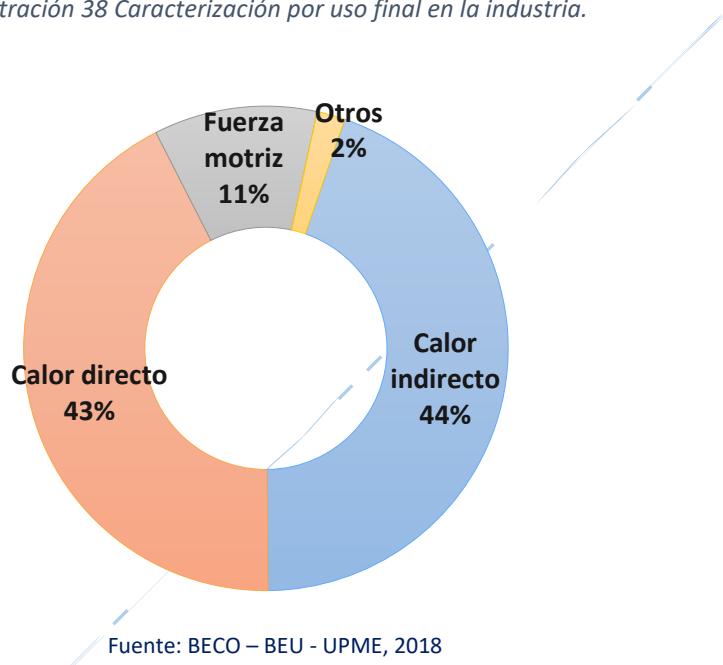
Ilustración 37 Resultados en unidades energéticas y en composición de la matriz energética del transporte



4.2 Proyecciones de energía para el sector industrial

El sector industrial participa en un 22% del consumo final de energía del país, 293 PJ, que lo ubica como el segundo sector de consumo después del transporte. Los subsectores que mayor contribución tienen en este consumo son: Alimentos (33%); Minerales no metálicos (21%) y Coquización y Refinería (15%). De acuerdo con la estructura de la industria colombiana el principal uso final de la energía es el calor, directo e indirecto, que representa un 87% de los usos finales, como se puede observar en la Ilustración 38.

Ilustración 38 Caracterización por uso final en la industria.

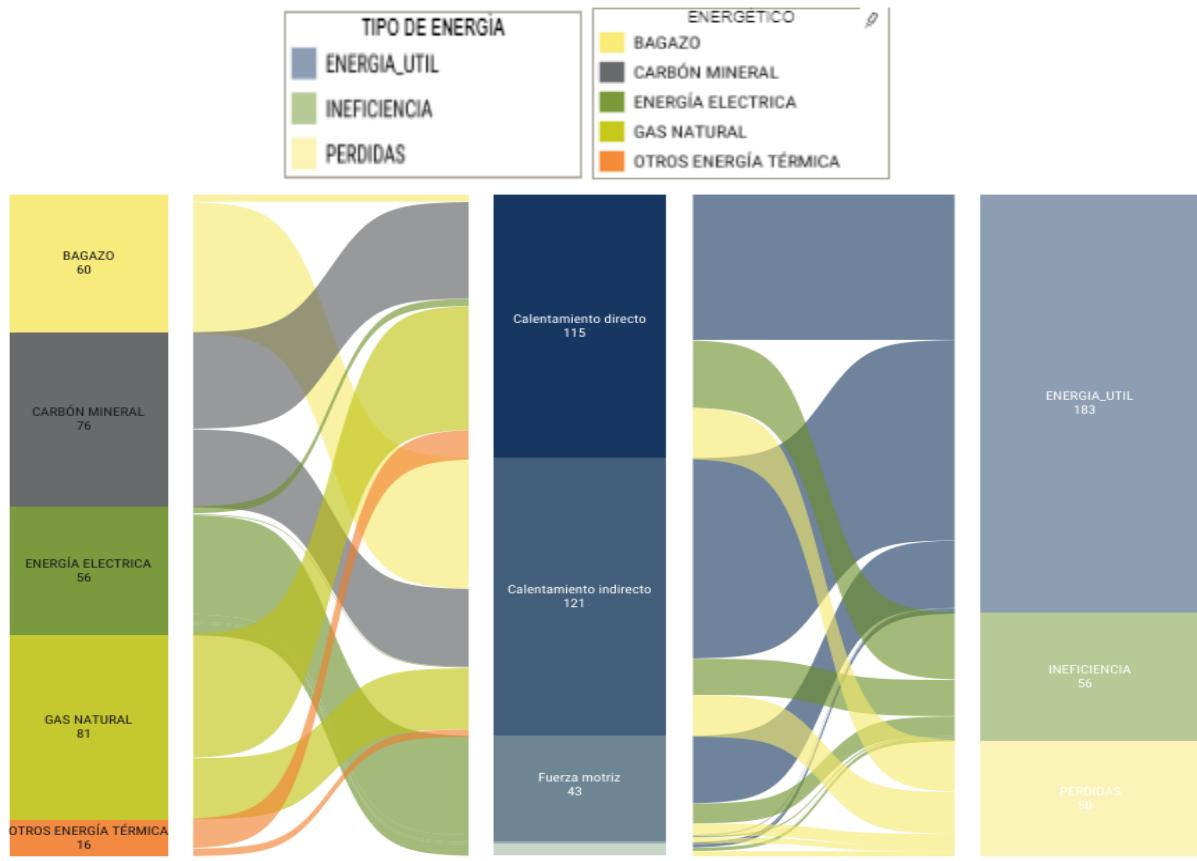


51

En el Diagrama de Sankey⁴¹ de la Ilustración 39 se observa que los energéticos más usados en industria (expresados en PetaJulios) son: gas natural 81 K (28%), carbón mineral 76 K (26%), bagazo 60 K (21%), energía eléctrica 56 K (19%) y otros 16 K, Así mismo, muestra que la energía útil del sector equivale a 183 K, con ineficiencias de 56 K y con 50 K de pérdidas.

⁴¹ UPME. (2019). Balance Energético Colombiano – Beco. Modelos analíticos. En línea: <http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Paginas/modelos-analiticos.aspx>

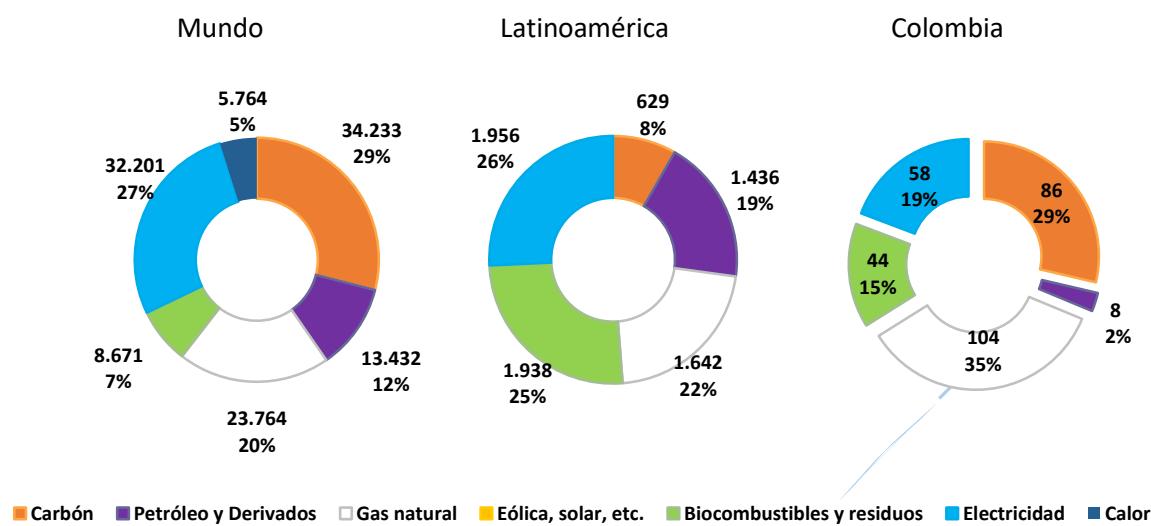
Ilustración 39 Diagrama de Sankey para el sector industrial (PetaJulios)



52

De otra parte, al comparar el consumo de la industria manufacturera colombiana con la de Latinoamérica y el resto del mundo se observa que Colombia tiene la mayor participación de gas natural en la matriz energética de la industria y una participación del carbón semejante a la del resto del mundo. Frente a la Latinoamérica y el resto del mundo la participación de la electricidad es un 30% debido al poco desarrollo de industrias electro-intensiva como las siderúrgicas. Ilustración 40.

Ilustración 40 Comparación del consumo de energéticos a nivel Industrial – (PJ)



4.2.1 Consideraciones y supuestos para las proyecciones del sector industrial

Para la construcción de los escenarios de proyección de energía se han considerado los siguientes supuestos para el análisis del sector industrial:

- Mejoras en eficiencia y transición a tecnologías que utilicen energéticos de bajas emisiones

En el sector industrial los esfuerzos en mejoras de eficiencia se deben enfocar en los subsectores de alimentos, químicos, textiles, metalurgia, minerales no metálicos, refinerías, papel y cartón, que representan el 92% del consumo de energía eléctrica y el 88% del consumo de energía térmica.

Para la industria de productos alimenticios, el uso final de calor indirecto tiene un 90% de la participación en la demanda de energía. Por tal motivo, la estrategia debe estar orientada a las mejoras en eficiencias de calderas de combustibles sólidos (bagazo y/o carbón), así como a una sustitución por calderas a gas natural para reducir las emisiones del sector. (UPME - UT INCOMBUSTION, 2014).

En los subsectores de refinerías, minerales no metálicos y productos metalúrgicos, la energía térmica necesaria en los procesos es obtenida principalmente de usos de calor directo, es decir de hornos de temperaturas medias y bajas. De acuerdo con el estudio de Balance de Energía Útil realizado por la UPME en 2019⁴², las aplicaciones de calor directo existe un potencial de aumento de eficiencia entre 23,6% y 45,45% y si se considera que los subsectores previamente mencionados, que representan 44% de la demanda de energía térmica de la industria manufacturera, se pueden obtener altas reducciones en emisiones si se hacen sustituciones de hornos que funcionan con

⁴² UPME-IRES - TEP - CORPOEMA (2019)

carbón mineral y derivados del petróleo, por otros que funcionen a gas natural, para temperaturas medias, y por hornos eléctricos para aquellos procesos de baja temperatura. (UPME - CORPOEMA, 2013).

Aunque la fuerza motriz representa cerca del 15% del total de la energía de la industria, este uso final de la energía en la industria también presenta potenciales de aumento de eficiencia. De acuerdo con datos del Balance de Energía Útil, las mejoras se ubican en un rango entre un 15% y un 18%, si se sustituyen los equipos actuales por equipos con las mejores tecnologías disponibles a nivel local y/o a nivel internacional. (UPME - IREES - TEP - CORPOEMA, 2019).

- *Intensidad energética*

Para determinar el crecimiento del consumo de energía del sector manufacturero, además de la modelación de las eficiencias por tecnología, se debe determinar la intensidad energética por tipo de uso (Tabla 3). Este indicador se calcula como la razón entre la energía consumida por el valor agregado del subsector. Tabla 3.

Tabla 3 Potencial aprovechamiento de eficiencia energética en el sector industrial

Supuestos	Eficiencias	Cifras					
		266			Nuevas Apuestas		
		2015	2030	2050	2015	2030	2050
Potenciales de eficiencia energética por uso	Calor indirecto (Calderas)	76%	78%	80%	76%	80%	85%
	Calor directo (Hornos)	55%	63%	73%	55%	66%	80%
	Fuerza motriz	82%	87%	94%	82%	89%	97%
	Otros	50%	59%	70%	50%	63%	80%
		266			Nuevas Apuestas		
Transición a energéticos de bajas emisiones	Gas Natural	30%	31%	36%	30%	32%	39%
	Bagazo	22%	22%	20%	22%	22%	20%
	Carbón Mineral	21%	19%	19%	21%	18%	15%
	Electricidad	20%	21%	24%	20%	21%	25%
	Otros	7%	7%	2%	7%	7%	2%
				MJ/COP			
Participación del subsector en el valor agregado				Usos térmicos	Fuerza motriz		
	Hierro y No Ferrosos			0.00086	0.000672		
	Alimentos, Bebidas y Tabaco			0.001896	0.000573		
	Papel e Imprenta			0.001289	0.000774		
	Químicos			0.001107	0.00046		
	Minerales no metálicos			0.002944	0.000768		
	Otros			0.000346	0.000471		

Fuente: BEU, UPME 2018

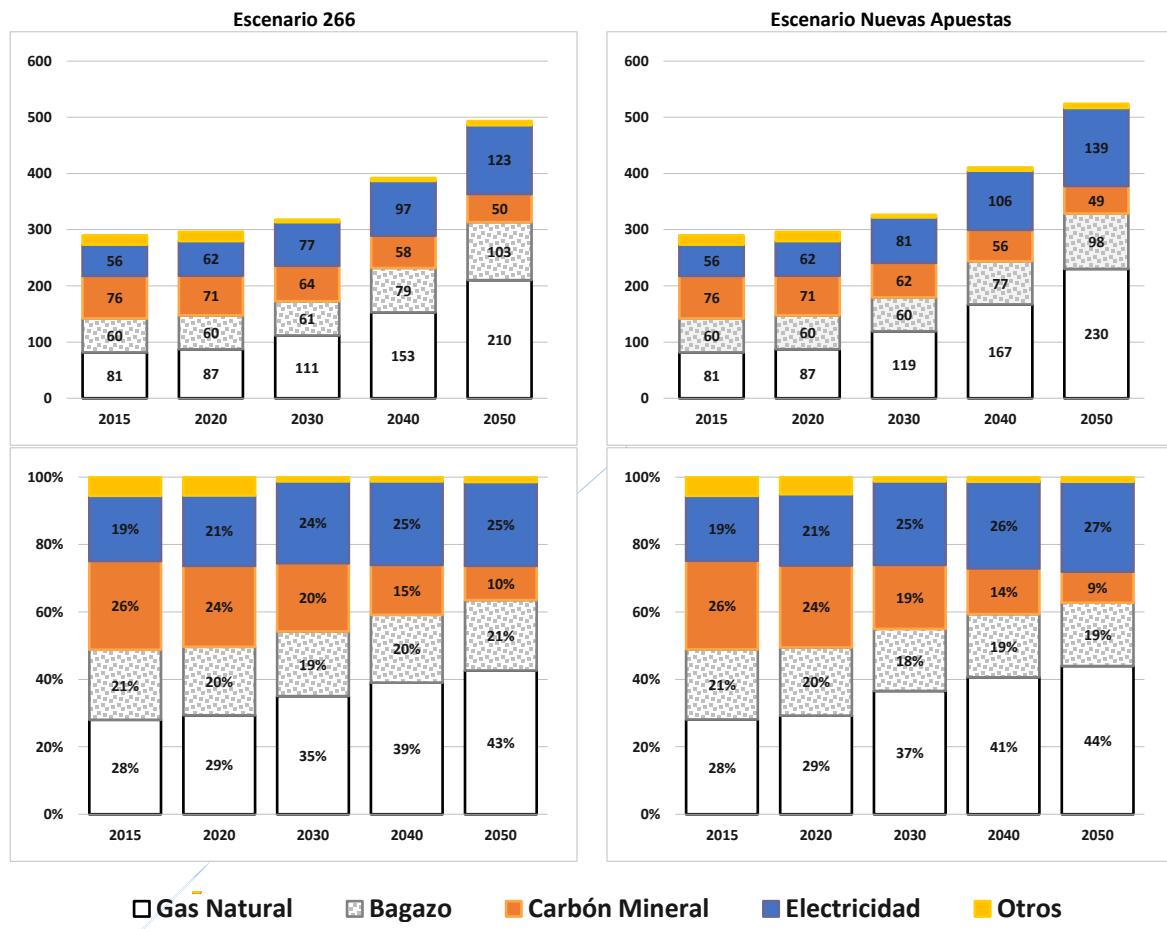
54

4.2.2 Resultados de las proyecciones para el sector industrial

Con base en los anteriores supuestos, los resultados de las proyecciones indican que en el sector industrial se mantendrá la matriz energética con una composición similar a la actual, las principales oportunidades en cuanto a su competitividad y contribución al cambio climático las generan las medidas de ahorro y eficiencia energética.

El gas natural se mantendrá como el energético de mayor uso y su participación aumentará del 28% al 43% y 44% en los escenarios analizados, como consecuencia principalmente de un menor uso del carbón mineral en procesos de calor indirecto y directo de temperaturas altas y medias. De otra parte, la electricidad aumentará su participación entre 6% y 8% a 2050, debido a su implementación en procesos de calor directo de baja temperatura. Ilustración 41.

Ilustración 41 Resultados en unidades energéticas y en composición de la matriz energética de la industria – (PJ)



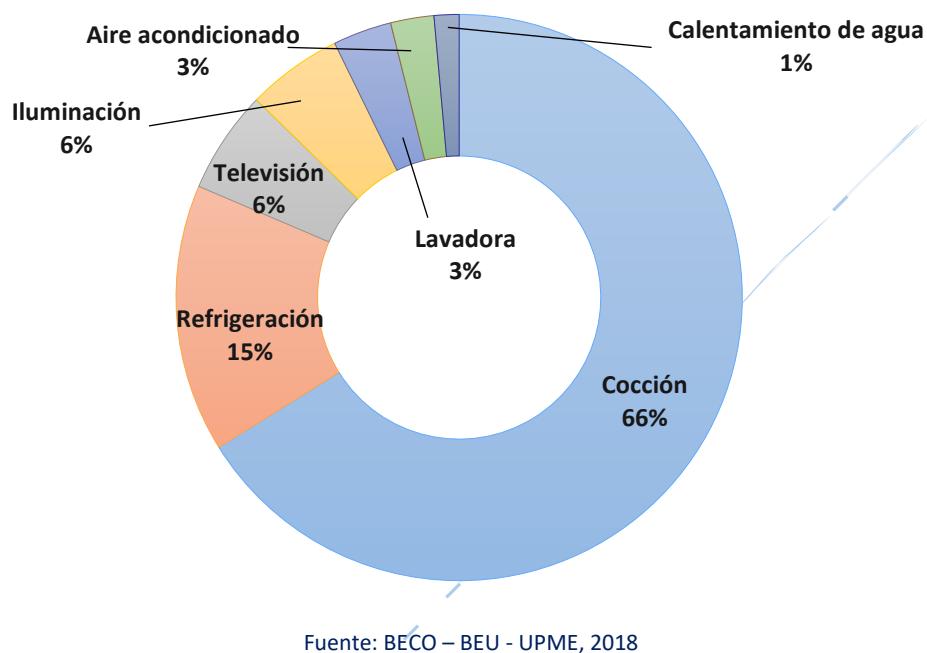
Fuente: BECO, UPME 2019

4.3 Proyecciones de energía para el sector residencial

El sector residencial representa el 20% del consumo final de energía en el país. En el año 2018, tuvo una demanda de energía de 253 PJ y como se puede observar los usos más intensivos en energía son la cocción y la refrigeración. La cocción presenta altos consumos debido a la baja eficiencia de las tecnologías usadas actualmente, tanto en las áreas urbanas como en las áreas rurales, donde

predomina el uso de estufas de gas combustible (gas natural o GLP), cuyas eficiencias varían entre 35% y 50% de acuerdo con estudio de Balance de Energía Útil⁴³. Adicionalmente, en el área rural el 13% de las viviendas utilizan que debido a que su baja eficiencia (entre el 3% y el 15%) la cantidad de energía consumida hace de la cocción el uso final más significativo del sector. (Ilustración 48).

Ilustración 42 Participación porcentual de los usos finales de la energía en el sector residencial



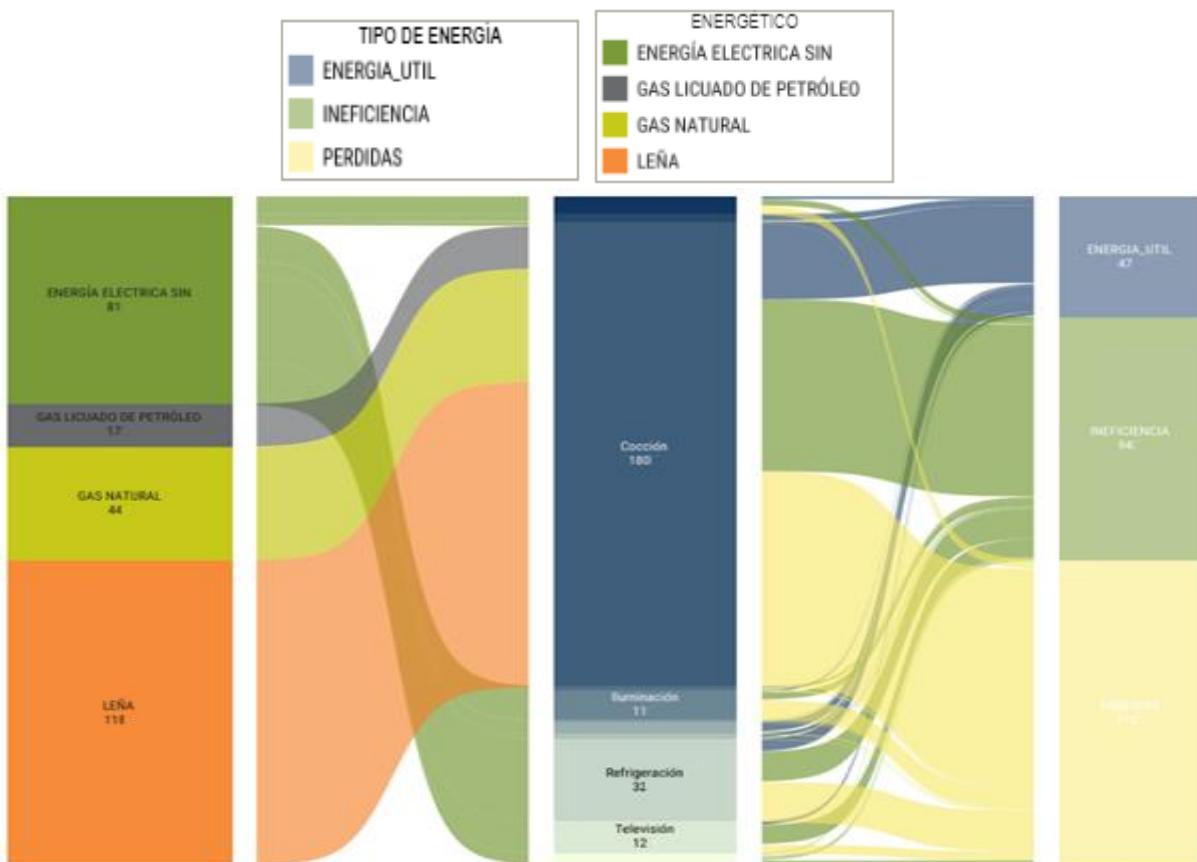
56

En el Diagrama de Sankey⁴⁴ se muestra que los energéticos más usados en el sector residencial, expresados en PetaJulios (PJ), son: leña 118, energía eléctrica 81, gas natural 44 y GLP 17, los cuales son usados para cocción 180, refrigeración 32, televisión 12, iluminación 11 , entre otros. Así mismo, muestra que la energía útil del sector equivale a 47 con ineficiencias de 94 y con pérdidas de 118 . Ilustración 43.

⁴³ UPME-IREES - TEP - CORPOEMA. (2019

⁴⁴ UPME. (2019). Balance Energético Colombiano – Beco. Modelos analíticos. En línea: <http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Paginas/modelos-analiticos.aspx>

Ilustración 43 Diagrama de Sankey para el sector residencial (Petajulios)



Fuente: BECO – BEU - UPME, 2019

57

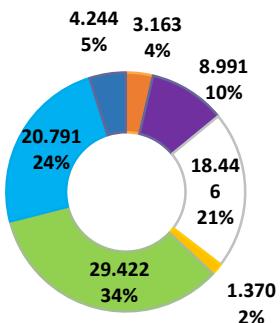
A pesar de los éxitos del programa de masificación del gas natural⁴⁵ así como del aumento en la cobertura del servicio de electricidad, la matriz energética del sector residencial en Colombia aún conserva una elevada participación de las biomasas con un 41% (103 PJ) de la matriz energética el sector residencial, más de seis puntos porcentuales por encima de Latinoamérica y del mundo. Este consumo es explicado esencialmente por el consumo de leña para cocción en las zonas rurales y esta cantidad de biomasa es consumida sólo por el 10,84% de los hogares, equivalente a 1.664.000⁴⁶. También resulta interesante señalar que nuestro país comparado con el resto del mundo y Latinoamérica es el que tiene menor participación porcentual del petróleo y sus derivados en el sector residencial. Ilustración 44.

⁴⁵ DNP (1991) y DNP (1993).

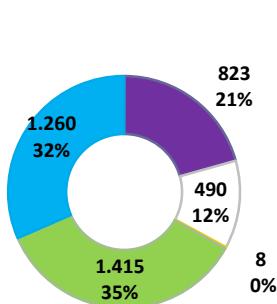
⁴⁶ DANE (2018). Según la Encuesta Nacional de Calidad de Vida.

Ilustración 44 Comparativo consumo histórico sector residencial – (PJ)

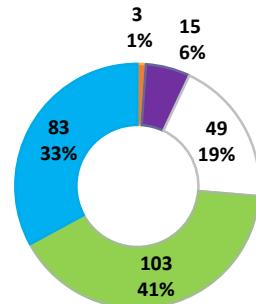
Mundo



Latinoamérica



Colombia



■ Carbón ■ Petróleo y Derivados ■ Gas natural ■ Eólica, solar, etc. ■ Biocombustibles y residuos ■ Electricidad ■ Calor

Fuente: EIA, BECO – UPME, 2018

4.3.1 Consideraciones y supuestos para las proyecciones del sector residencial

Para la construcción de los escenarios de proyección de energía se han considerado los siguientes supuestos para el análisis del sector residencial:

58

- *Potenciales de eficiencia energética por uso*

Con base en los resultados del estudio BEU⁴⁷, se ha considerado una senda de mejoramiento de la eficiencia de acuerdo con la referencia nacional e internacional de la mejor tecnología disponible (Tabla 4). Por ejemplo, en iluminación se aprecia un nivel bajo de eficiencia actual, que se puede observar comparando el promedio ponderado de eficiencia actual que es de 42 lm/W frente al rendimiento máximo teórico de 683 lm/W.

Tabla 4 Potencial aprovechamiento de eficiencia energética en el sector residencial

Supuestos	Eficiencias	Cifras					
		266			Nuevas Apuestas		
		2015	2030	2050	2015	2030	2050
Potenciales de eficiencia energética por uso	Cocción	38%	42%	47%	38%	49%	63%
	Refrigeración	15%	21%	31%	15%	30%	51%
	Televisión	11%	21%	35%	11%	35%	70%
	Iluminación	6%	10%	15%	6%	16%	29%
	Aire acondicionado	50%	59%	70%	50%	63%	80%
	Lavadora	26%	31%	37%	26%	40%	58%

⁴⁷ UPME, Corpoema, IREES, y TEP (2019). Balance de Energía Útil. En línea:<http://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Paginas/estudio-primer-balance-energia-util-para-Colombia.aspx>

Supuestos		Cifras						
	Calentamiento de agua	83%	84%	86%	83%	88%	95%	
Transición a energéticos de bajas emisiones		266			Nuevas Apuestas			
		2015	2030	2050	2015	2030	2050	
		Leña	45%	37%	19%	45%	37%	10%
		Electricidad	31%	37%	49%	31%	37%	55%
		Gas Natural	17%	21%	26%	17%	21%	29%
		GLP	6%	4%	7%	6%	4%	6%
		Otros	1%	1%		1%	1%	
Porcentaje de personas en áreas urbanas y rurales		Años		% Urbano	% Rural			
		2015		78	22			
		2030		84	16			
		2050		88	12			

Fuente: BEU - UPME, 2019

Conviene señalar, que los resultados del estudio de BEU está en línea con los resultados del estudio de consumo básico de subsistencia adelantado por la UPME⁴⁸, en el cual se ha encontrado que con la utilización de electrodomésticos eficientes es factible reducir los niveles de consumo actual a valores cercanos a los que se pueden observar en las cifras que se muestran en la Ilustración 45.

Ilustración 45 Consumo de subsistencia estimado versus consumos promedios



Fuente: UPME - CORPOEMA (2019)

59

- Sustitución de leña.*

En el sector urbano, se plantea la desaparición de la leña por el aumento en cobertura del servicio de gas combustible, mientras que en el sector rural se plantea la sustitución de 50% de leña utilizada para cocción con GLP. El porcentaje remanente de hogares con leña lo haría con estufas mejoradas, con las cuales se puede pasar de una eficiencia del 3% hasta un mínimo de 20%, de acuerdo con estudio BEU, y disminuir del consumo de leña en un 54% junto con las emisiones atmosféricas de CO₂, CO, NO_x, SO_x en igual porcentaje, además se disminuye las emisiones de material particulado en más del 90%, según (CORNARE & UdeA, 2011). Lo anterior se respalda en la evaluación del programa de implementación de estufas mejoradas realizado por el DNP, Ecopetrol, Fundación Natura y el MADS⁴⁹.

⁴⁸ UPME - CORPOEMA (2019)

⁴⁹ Departamento Nacional de Planeación, DNP. En línea:

<https://proyectosdnp.dnp.gov.co/images/pdf/estufas/PTestufas.pdf>

De acuerdo con los resultados del estudio de sustitución de leña adelantado por la UPME⁵⁰ (Ilustración 46), a partir de la Encuesta de Calidad de Vida – ECV 2018 se pudieron definir tres grupos de hogares para plantear diferentes estrategias para lograr la sustitución de leña para cocción:

- Grupo 1: Hogares que cocinan únicamente con leña y tienen acceso al servicio de energía eléctrica (911.656).
- Grupo 2: Hogares que cocinan únicamente con leña y no tienen acceso al servicio de energía eléctrica (252.765).
- Grupo 3: Hogares que cocinan con leña y diversifican con otro energético, principalmente GLP (499.809).

Ilustración 46 Distribución de las tecnologías o energéticos de sustitución de leña por grupo de hogares

Tecnología	2020-2022	2023-2030	2031-2050	TOTAL
GLP	100.000	350.000	436.000	886.000
Estufas mejoradas	29.250	150.000	182.765	362.015
Energía Eléctrica	29.250	135.000	135.000	299.250
Biogas	1.500	15.000	100.000	116.000
TOTAL FASE	160.000	650.000	854.230	1.664.230

Fuente: UPME-CONSORCIO ESTRATEGIA RURAL SOSTENIBLE (2019)

60

- *Universalización del servicio de energía eléctrica*

Los resultados del Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica -PIEC-⁵¹, indican que es necesario una inversión total de \$7.41 Billones para lograr el acceso universal de energía eléctrica en Colombia, de los cuales 9% corresponden a la expansión del SDL, 48% a soluciones aisladas con microrredes híbridas y 43% a soluciones aisladas individuales. Conviene señalar que en el caso de las microrredes híbridas se presentan porcentajes de participación del diésel menores a 15% en términos de energía anual.

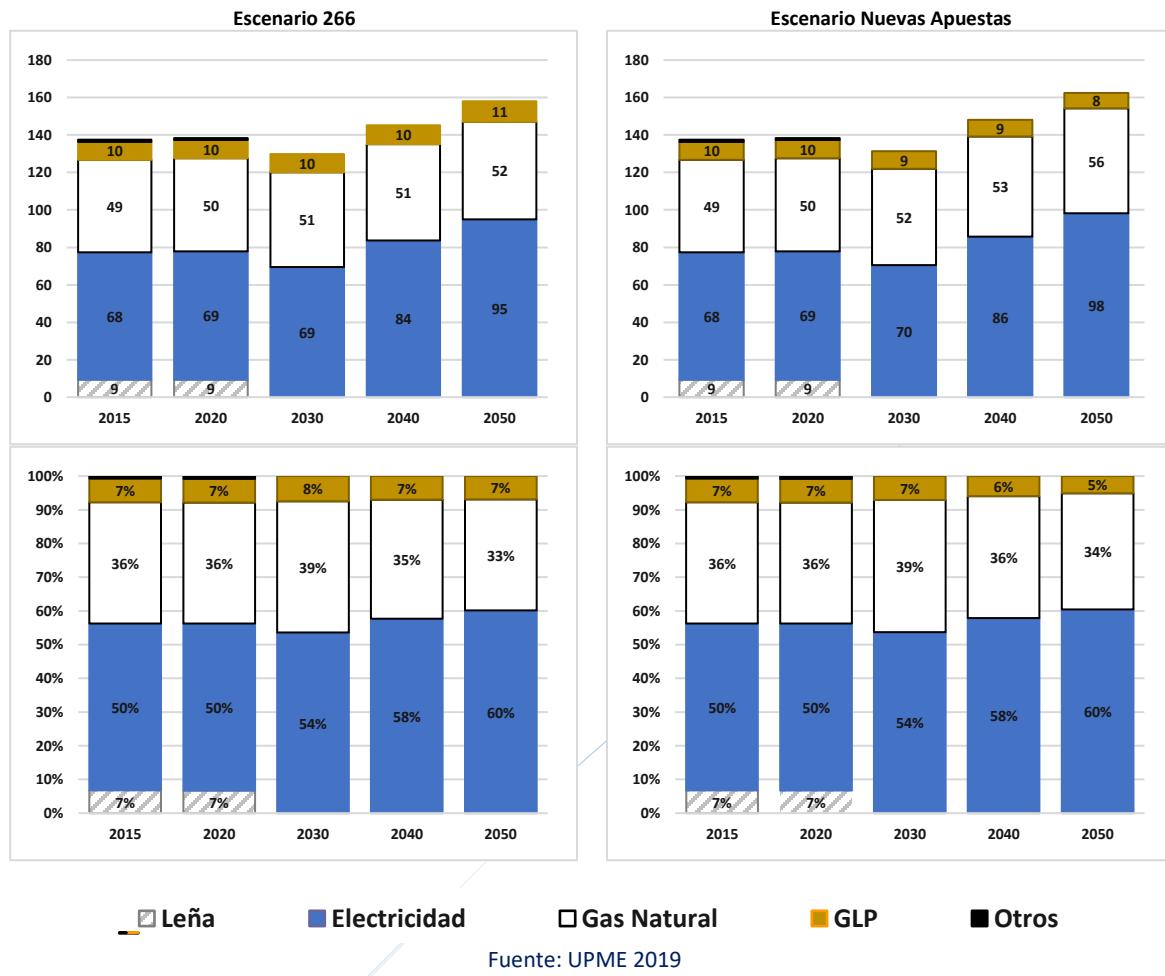
4.3.2 Resultados de las proyecciones para el sector residencial

Con base en los supuestos descritos anteriormente, los resultados de las proyecciones de demanda en el sector residencial urbano aunque no muestran una transformación de la matriz energética de este segmento de demanda, si permite observar un aumento en la participación de la electricidad por el uso de equipos cautivos (electrónicos, acondicionamiento de espacios), con tasas de crecimiento anuales promedio de del orden del 4.3% para los escenarios 266 y Nuevas Apuestas respectivamente. Ilustración 47.

⁵⁰ UPME-CONSORCIO ESTRATEGIA RURAL SOSTENIBLE (2019)

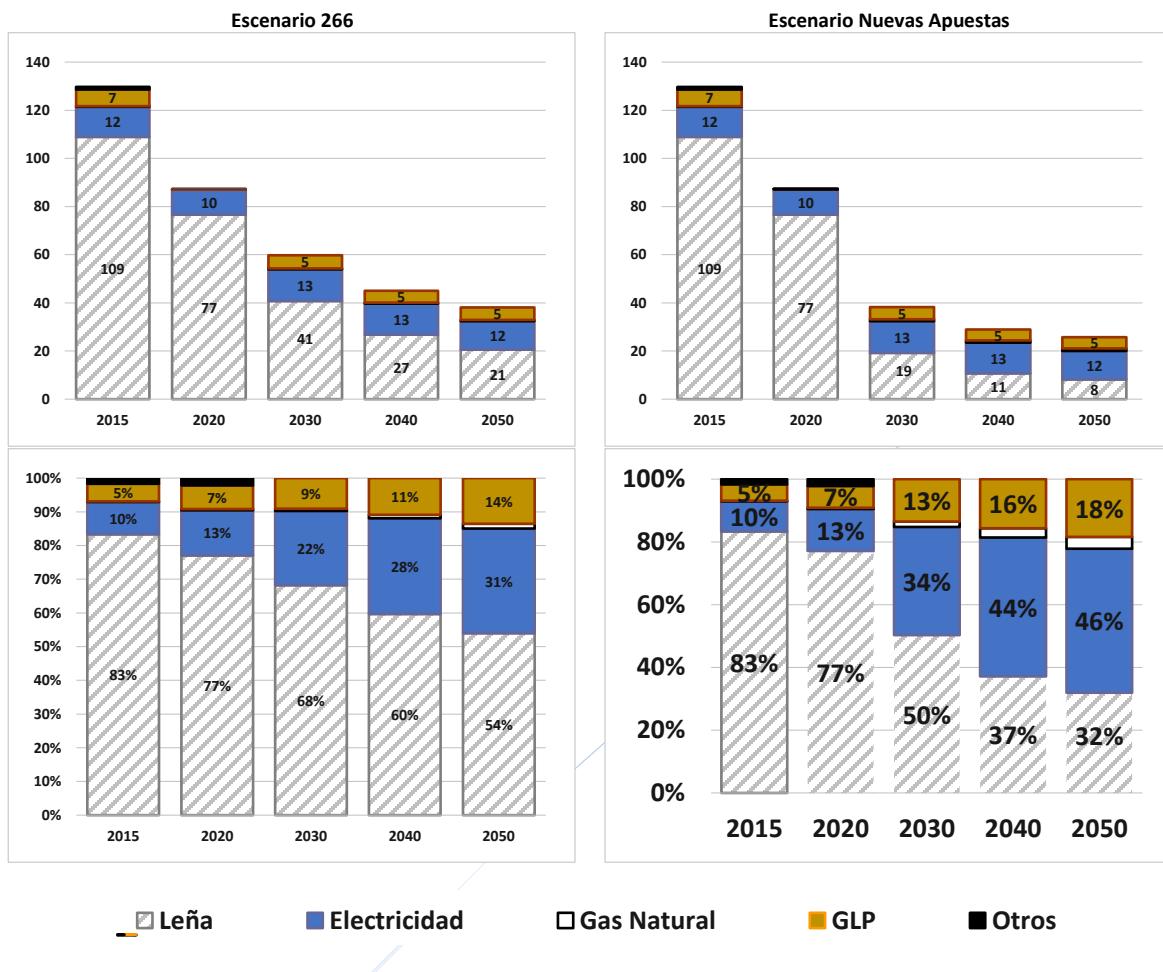
⁵¹ UPME (2019e)

Ilustración 47 Resultados en unidades energéticas y en composición de la matriz energética del subsector residencial urbano (PJ)



De acuerdo con las estrategias de sustitución de leña arriba señaladas se proyecta una disminución de la participación de la leña en el sector rural hasta un 54% en el escenario 266 y hasta un 32% en el escenario *Nuevas Apuestas*. De esta forma, se observa que en el sector rural residencia se proyecta que se presente otra transformación energética mediante la sustitución de leña por otros energéticos más limpios. (Ilustración 48).

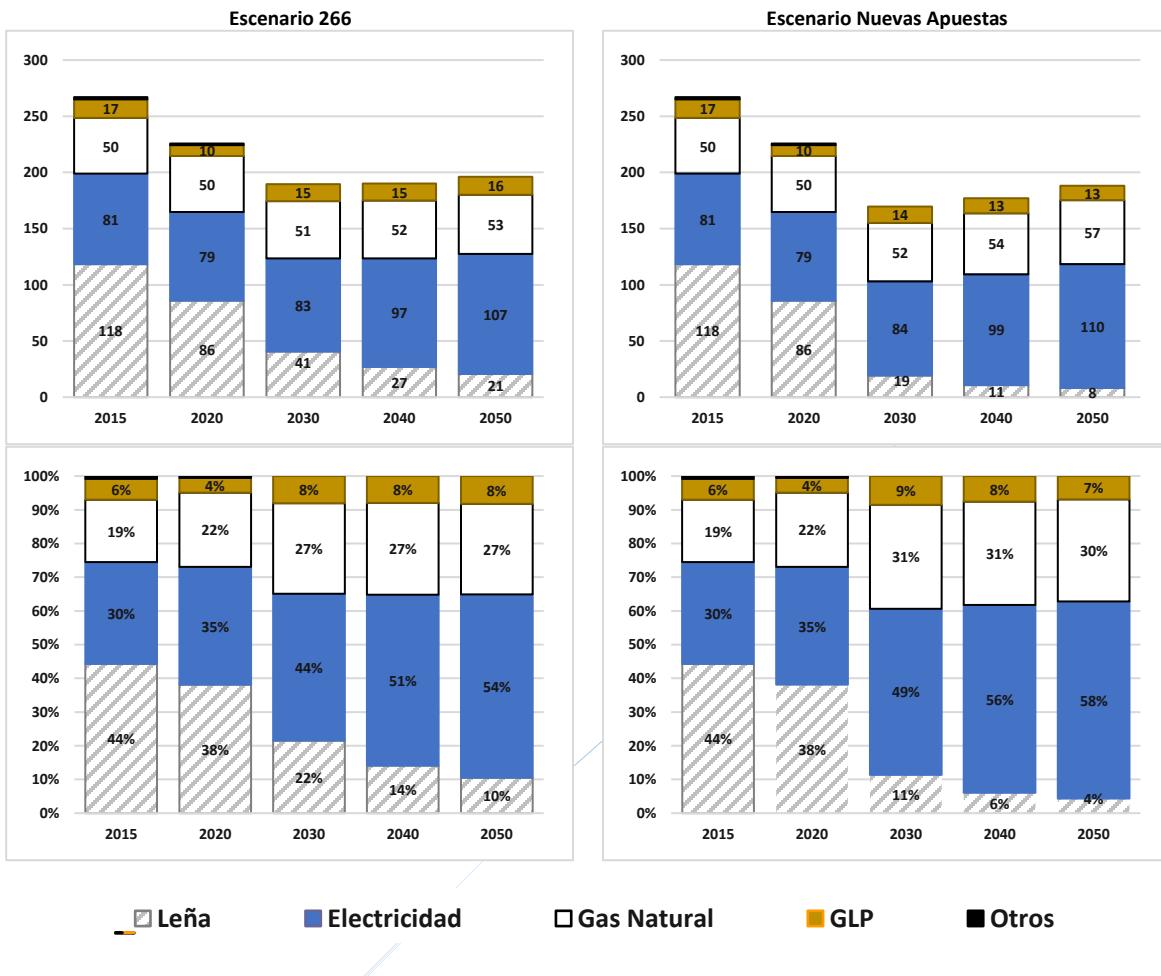
Ilustración 48 Resultados por en unidades energéticas y en composición de la matriz energética del subsector residencial rural – (PJ)



Fuente: BECO, UPME 2019

Los resultados agregados del sector residencial evidencian tanto la aplicación de las medidas de eficiencia energética como la sustitución de leña en el uso de cocción. Es por esto que, en el período 2020 – 2030 se observa una disminución en los consumos, como consecuencia de una transición energética en los hogares rurales, que apunta no solamente a impactar el sector energético, sino que busca mejorar las condiciones de vida (disminución de material particulado en el interior de las viviendas) y el acceso a energías comerciales de la población. Ilustración 49.

Ilustración 49 Resultados por en unidades energéticas y en composición de la matriz energética del sector residencial (Urbano y Rural) (PJ)



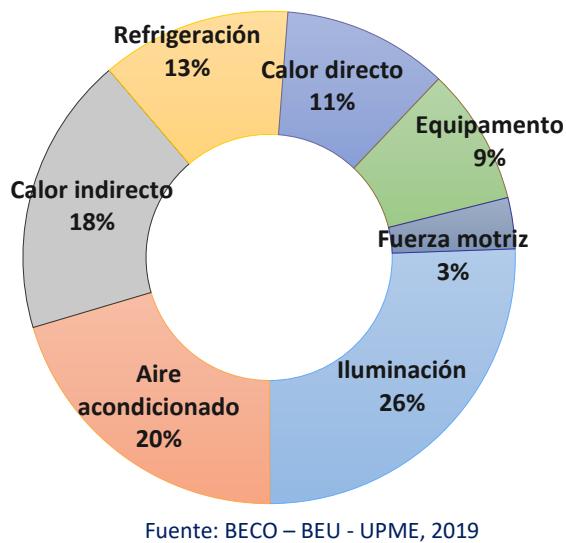
63

4.4 Proyecciones de energía para el sector terciario

El sector terciario está constituido por todas las actividades económicas cuyo propósito es la producción de los servicios que demanda la población. Por esa razón también se conoce como sector servicios e incluye actividades como la financiera, el turismo, la salud, educación y la administración pública.

El valor agregado del sector terciario es el que posee mayor peso en el PIB, sin embargo, es de los sectores menos intensivos en términos energéticos, con un consumo de 71 PJ. El principal energético usado en el sector es la electricidad que representa el 72% del total. Lo anterior es consecuencia de los principales usos finales de la energía del sector: la iluminación, el aire acondicionado y la refrigeración con una participación de 64%. Ilustración 50.

Ilustración 50 Participación de los usos dentro del sector terciario

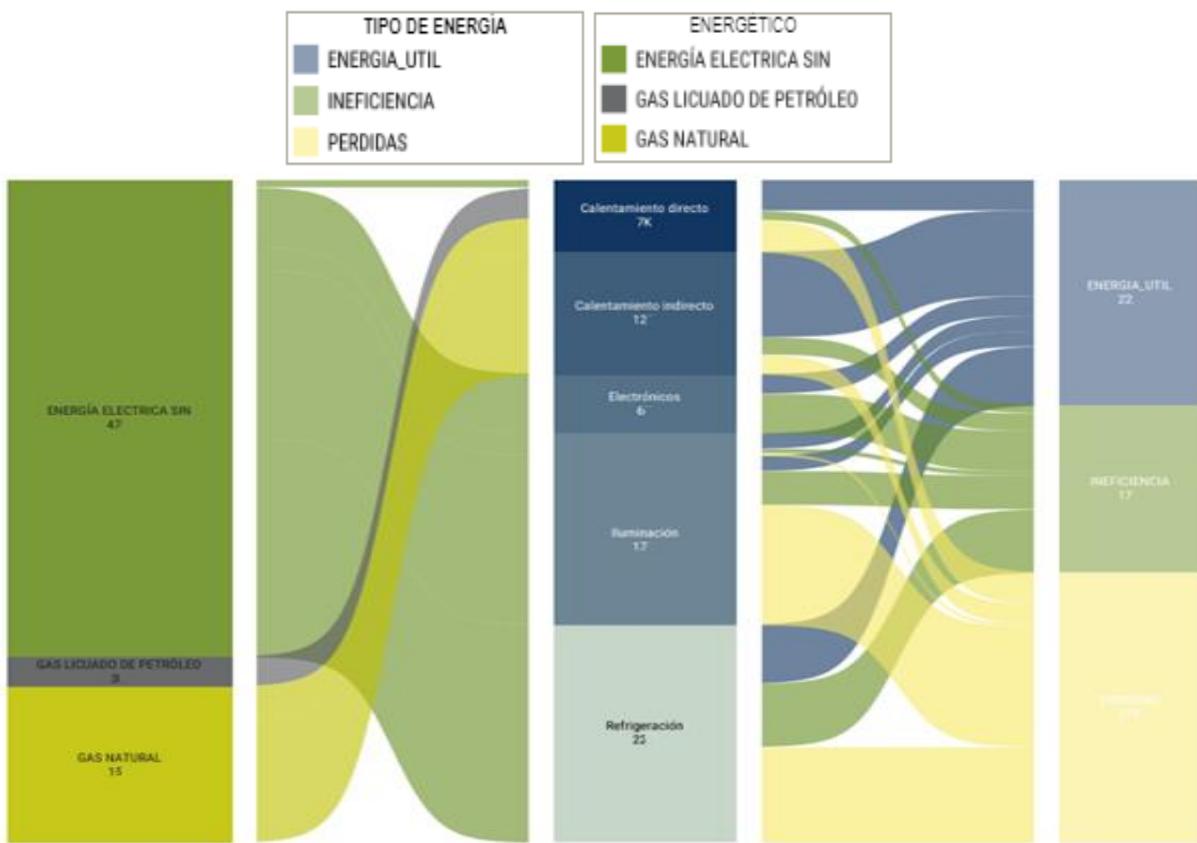


En el Diagrama de Sankey⁵² se muestra que los energéticos más usados en el sector terciario, expresados en PetaJulios (PJ) son la energía eléctrica y el gas natural, que los principales usos finales son térmicos (calentamiento y refrigeración) e iluminación y que en este sector solo se aprovecha una tercera parte de la energía consumida. Ilustración 51.

64

⁵² UPME. (2019). Balance Energético Colombiano – Beco. Modelos analíticos. En línea: <http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Paginas/modelos-analiticos.aspx>

Ilustración 51 Diagrama de Sankey para el sector terciario (PetaJulios)

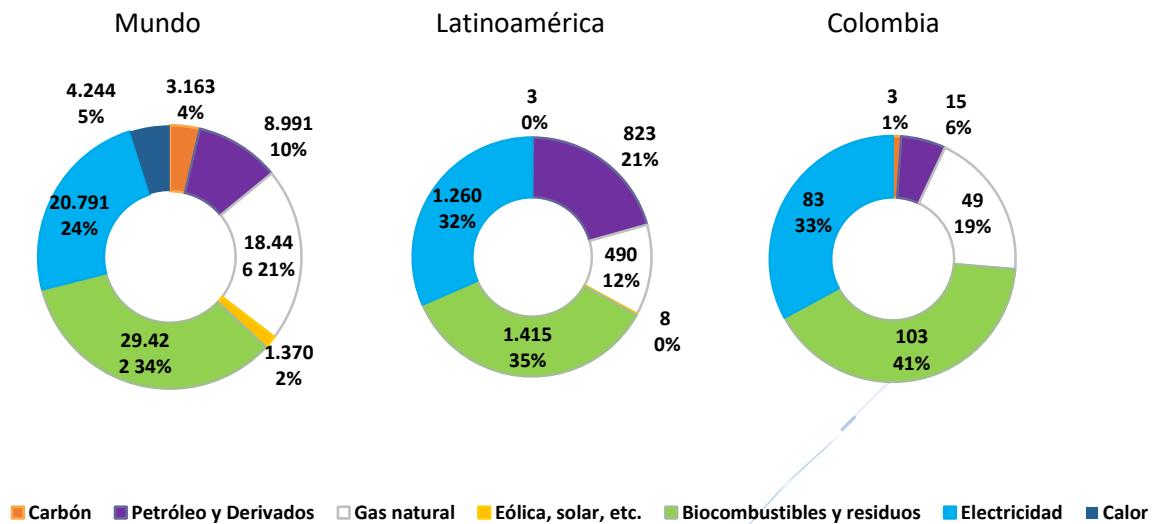


Fuente: BECO – BEU - UPME, 2019

65

Al comparar el consumo del sector comercial y público colombiano con el del resto del mundo, se aprecia cómo el consumo de biocombustibles en Colombia es muy superior al de Latinoamérica y el resto del mundo. Contrastó con lo anterior el bajo consumo en Colombia de petróleo y sus derivados frente a la participación relativa de estos energéticos en Latinoamérica y el resto del mundo donde los consumos de derivados del petróleo en este sector se ubican por encima del 10%. Ilustración 52.

Ilustración 52 Comparativo consumo histórico sector terciario – (PJ)



Fuente: EIA, BECO – UPME, 2018

4.4.1 Consideraciones y supuestos para la proyección del sector terciario

Para la construcción de los escenarios de proyección de energía se han considerado los siguientes supuestos para el análisis del sector terciario:

66

- Potenciales de eficiencia energética por uso*

Con base en los resultados del estudio BEU, se ha considerado una senda de mejoramiento de la eficiencia de acuerdo a la referencia nacional e internacional de la mejor tecnología disponible.

Tabla 5 Potencial aprovechamiento de eficiencia energética en el sector terciario

Supuestos		Cifras					
		Eficiencias		266		30%	
Potenciales de eficiencia energética por uso	Iluminación	9%	12%	15%	9%	17%	29%
	Aire acondicionado	50%	59%	70%	50%	63%	80%
	Calor indirecto (Calderas Temp. Media)	70%	74%	80%	70%	79%	90%
	Refrigeración	27%	32%	38%	27%	39%	56%
	Calor directo (Hornos-Estufas)	37%	43%	50%	37%	47%	60%
	Equipamiento	33%	45%	60%	33%	61%	100%
	Fuerza motriz	68%	74%	83%	68%	77%	88%
	Participación del subsector en el valor agregado			MJ/COP			
				Usos térmicos	Fuerza motriz		
	Servicios	1.962371E-5		6.2253E-5			

Fuente: Fuente: BEU - UPME, 2019

- *Transición a tecnologías que utilicen energéticos de bajas emisiones*

De acuerdo con los ejercicios realizados el Factor de Emisiones de Combustibles Colombianos - FECOC⁵³, el factor de emisión al gas natural genérico es 55.539,0869 KgCO₂/TJ, mientras que para el GLP es de 67.185,115 KgCO₂/TJ. Con base en lo anterior y con el objeto de contribuir a la reducción de emisiones del sector terciario se ha asumido la sustitución tecnológica de GLP por gas natural en procesos de calor indirecto, o cuando sea aplicable que la electricidad reemplace al gas combustible por electricidad en estos usos finales. En el escenario *Nuevas Apuestas*, se contempla una transición de uso de GLP a gas natural en las calderas de hoteles, hospitales, lavanderías y se proyecta que los nuevos proyectos de calor indirecto funcionen con gas natural

Adicionalmente, la transición energética en uso de calentamiento directo con gas combustible a electricidad, por ejemplo, con implementación de estufas de inducción en cocción en servicios de alimentación. Esta sustitución se presenta porque las estufas de inducción pueden tener eficiencias hasta dos o más veces mejores que las estufas de gas combustible (alrededor del 90%, mientras que las estufas de gas están alrededor del 40%), haciendo que la cocción sea más rápida, disminuyendo la energía consumida. (Leung, Lin, Mohamed, & Lo, 2011).

4.4.2 Resultados de las proyecciones para el sector terciario

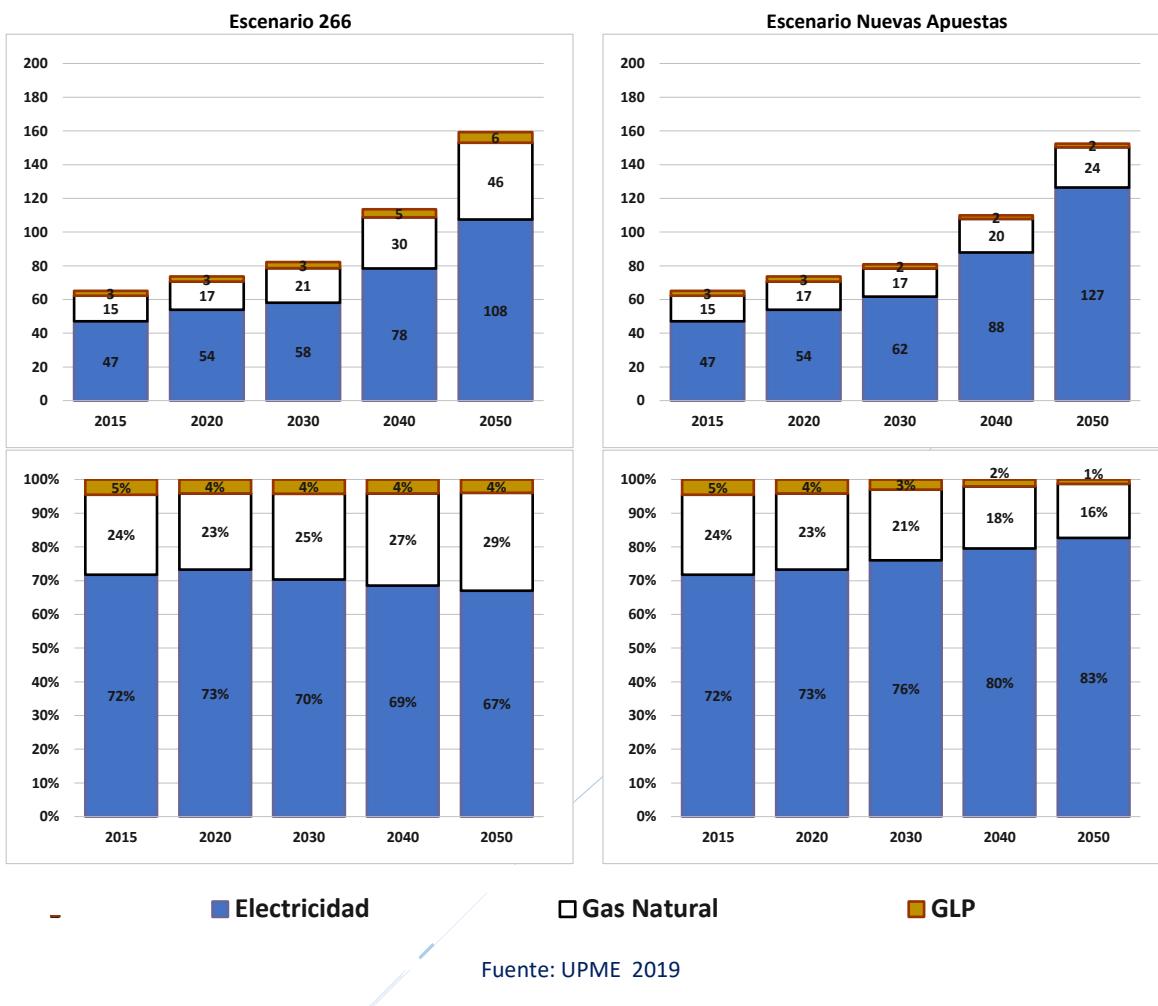
Teniendo en consideración los supuestos descritos anteriormente, en el sector terciario no se evidencian cambios sustanciales en la composición de su matriz energética. Ilustración 53. Sin embargo, dado que el crecimiento de la demanda está sujeto al crecimiento del valor agregado del sector:

67

- La electricidad presenta crecimientos de 1,29 veces y 1,69 veces para los escenarios 266 y 30% respectivamente, en el período 2015 – 2050.
- El gas natural presenta crecimientos de 2 veces y 0,57 veces para los escenarios 266 y 30% respectivamente, en el período 2015 – 2050. La razón para que el crecimiento del gas natural sea menor en el escenario *Nuevas Apuestas*, se debe a que se incentiva la electrificación de los usos en donde sea posible y sea más eficiente y seguro su uso, como por ejemplo en los procesos de cocción.

⁵³ UPME (2016)

Ilustración 53 Composición del Sector Terciario – (PJ)



68

4.5 Proyecciones consolidadas de energía

Tomando como base las proyecciones realizadas para cada uno de los sectores analizados, a continuación, se presentan las proyecciones consolidadas para el *Escenario 266* y para el *Escenario de Nuevas Apuestas*, adicionalmente se presentan un análisis comparativo de cada escenario de proyección y también los resultados de energía y emisiones desagregados por fuente de energía y por sectores de consumo.

4.5.1 Proyecciones de energía, Escenario 266

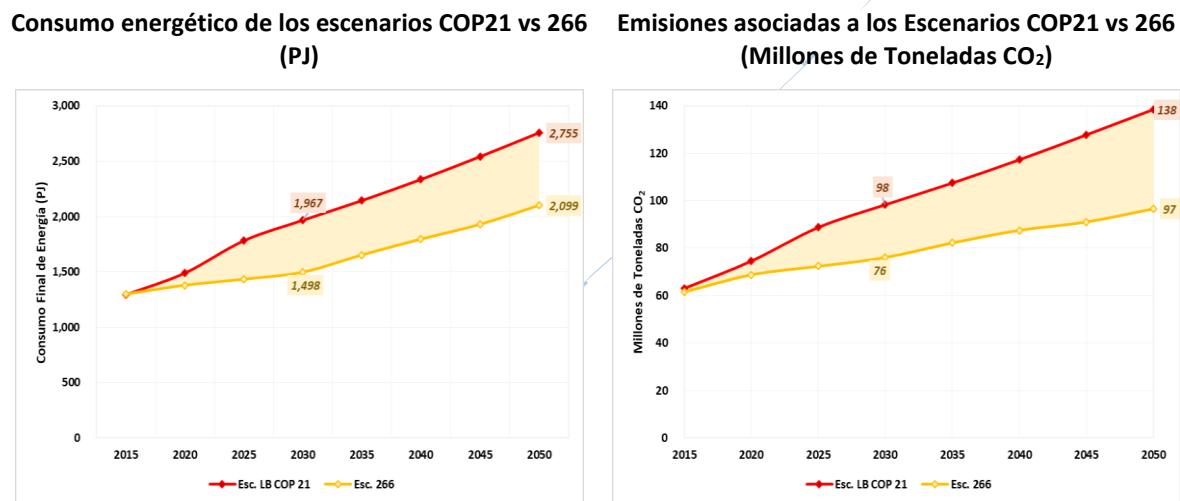
Este escenario recibe su nombre del máximo número de toneladas de dióxido de carbono, CO₂, que Colombia debe lograr para cumplir con la reducción del 20% que fue el compromiso incondicional de Colombia en la COP21. De acuerdo con los supuestos modelados, al comparar el escenario 266 contra la línea base (BAU) presentada en la COP21, se puede apreciar que se puede alcanzar una reducción de emisiones de hasta un 22,3%.

En el Escenario 266, el consumo final de energía se incrementa en un 1,5% anual, que representa un aumento de un 68% entre 2015 y 2050. Esto se debe en gran medida a la transformación energética que se vislumbra en el sector transporte, a la sustitución de leña en el sector residencial y a las mejoras en la eficiencia energética en los sectores Residencial e Industrial.

El consumo de la electricidad aumenta 1,36 veces y el del gas natural 1,52 veces entre 2015 y 2050. Esto permite colegir un consumo final que hace una transición hacia la utilización de energéticos menos contaminantes y más eficientes en la mayoría de procesos, usos y medios. Cabe resaltar que el consumo de Jet fuel presenta el máximo crecimiento en la canasta energética, alcanzado 2,57 veces entre 2015 y 2050. Se desincentiva el uso de leña y carbón de leña: la leña disminuye alrededor del 62% y el carbón de leña en un 100% durante el mismo período.

En este escenario las emisiones de CO₂ cumplirían con la Contribución Determinada a Nivel Nacional (escenario del 20% no condicionado), consistente con los objetivos del Acuerdo de París. Ilustración 54.

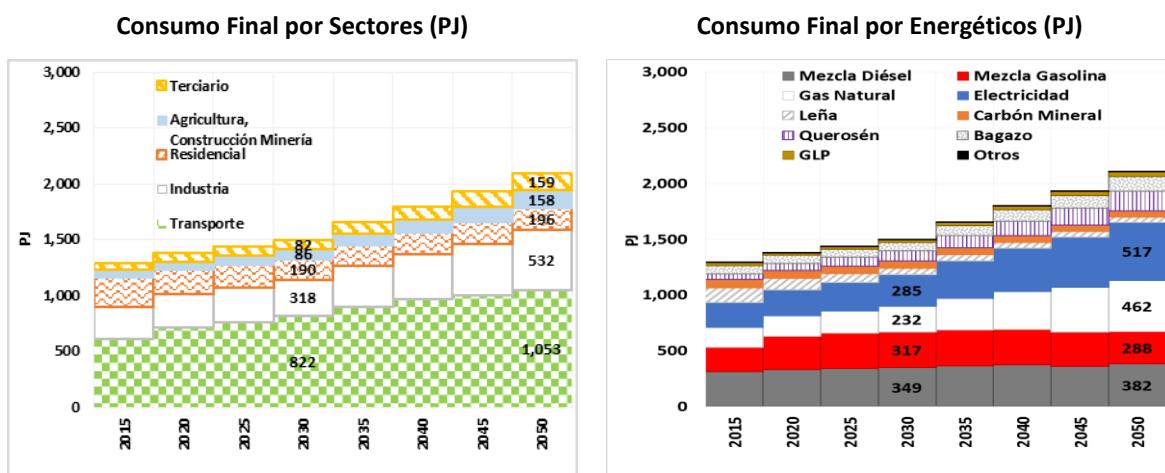
Ilustración 54 Escenario 266 vs Línea base COP21



Fuente: Elaboración propia con base en BECO

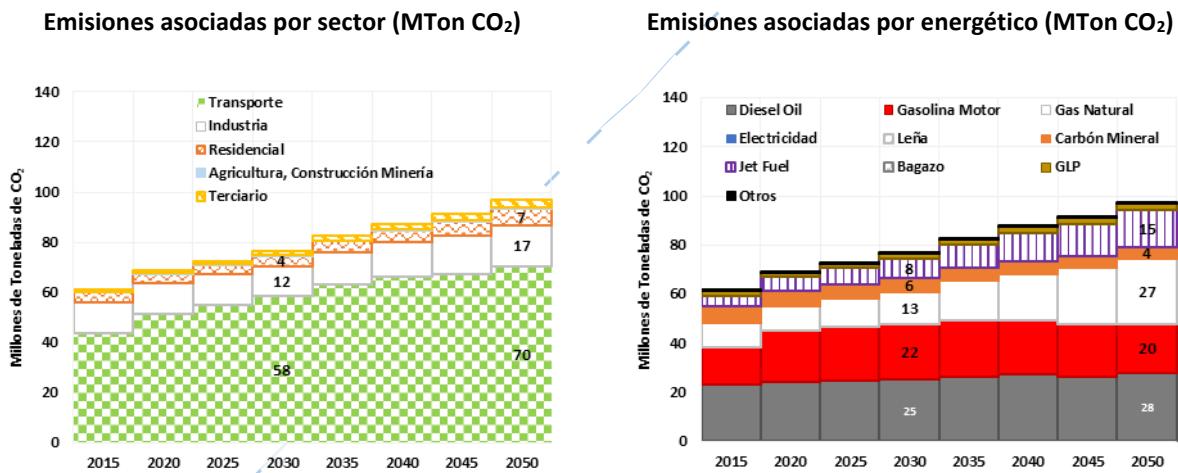
La disminución de emisiones se da principalmente por los ahorros energéticos presentados en los sectores de transporte, residencial e industria. Con los supuestos expuestos inicialmente, se presentan los resultados en la Ilustración 55:

Ilustración 55 Consumo final de energía por fuente y sector de consumo en el Escenario 266



Fuente: Elaboración propia con base en BECO

Ilustración 56 Proyección de nivel de emisiones por energético y sector de consumo Escenario 266



Fuente: Elaboración propia con base en BECO

Así mismo, en las ilustraciones 55 y 56 se aprecia la evolución tanto en consumo energético como en emisiones de los resultados del Escenario 266. Colombia pasaría de consumir 1.295 PJ a 2.099 PJ. Se resalta el comportamiento del sector transporte, que seguirá siendo el de mayor participación dentro de la matriz energética colombiana.

Al reducir el consumo de derivados del petróleo en transporte y al mejorar la eficiencia energética en todos los sectores, las emisiones de CO₂ llegarían a 76 MtonCO₂ en 2030 y a 97 MtonCO₂ en 2050. Los sectores que más contribuyen son el transporte con una participación del 72% y la industria manufacturera con una participación del 17% a 2050.

4.5.2 Proyecciones de energía en el Escenario de Nuevas Apuestas

Como su nombre lo indica, este escenario alcanza la meta condicionada a la que se comprometió el país en 2030 y considera un nivel mayor de ambiciones respecto a la reducción de emisiones a 2030. Para lograr este objetivo de reducción, se modela una mayor penetración de la electricidad en diferentes procesos industriales, así como una mayor electrificación en el transporte.

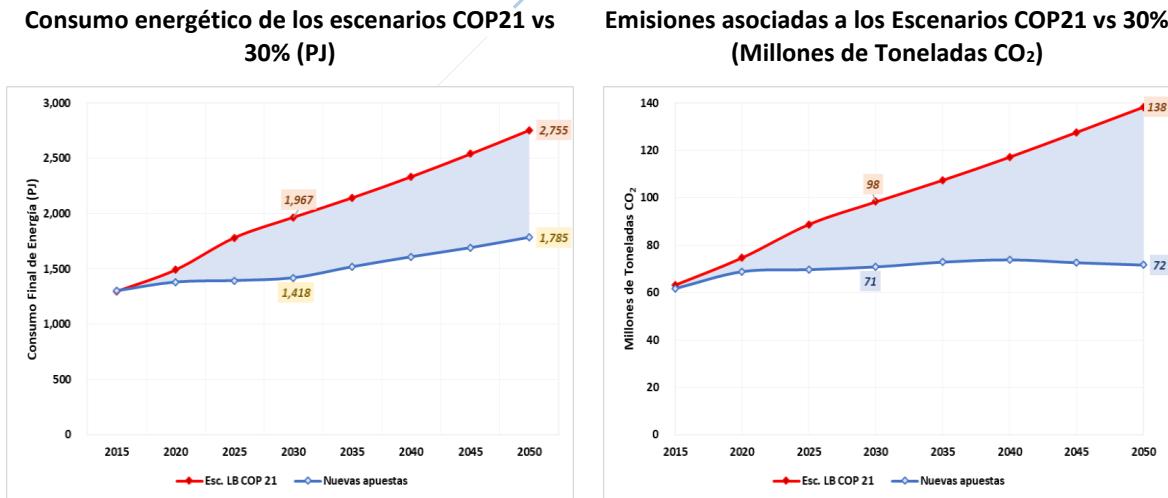
En el Escenario Nuevas Apuestas, el consumo final de energía en 2050 resulta ser 1,37 veces el de 2015 lo que implica un crecimiento anual promedio del 0,9% en todo el período de proyección. Esto se debe en gran medida a que en el sector transporte se presenta una mayor transición energética de sustitución de combustibles líquidos hacia la electricidad y a un cambio de medio de transporte de pasajeros privado a público a nivel urbano, a mejoras adicionales en eficiencia energética en los sectores residencial e industrial.

En este escenario el consumo de la electricidad aumenta 1,66 veces entre 2015 y 2050, es decir se incrementa en promedio a una tasa del 1,46% anual, superior a la tasa de crecimiento promedio de la demanda de energía. En este escenario el consumo de Jet fuel presenta un crecimiento de 1,50 veces entre 2015 y 2050 que supone un incremento anual de 1,2% en el período de proyección. Se desincentiva el uso de leña y carbón de leña: la leña disminuye en cerca del 77%, y el carbón de leña en un 100% durante el mismo período.

En el escenario Nuevas Apuestas la reducción de emisiones de CO₂ alcanza un 27,7% en 2030 y un 46,4% en 2050, lo que representa una reducción adicional del 7% a 2030 y del 14% a 2050 con respecto al Escenario 266. Ilustración 57.

71

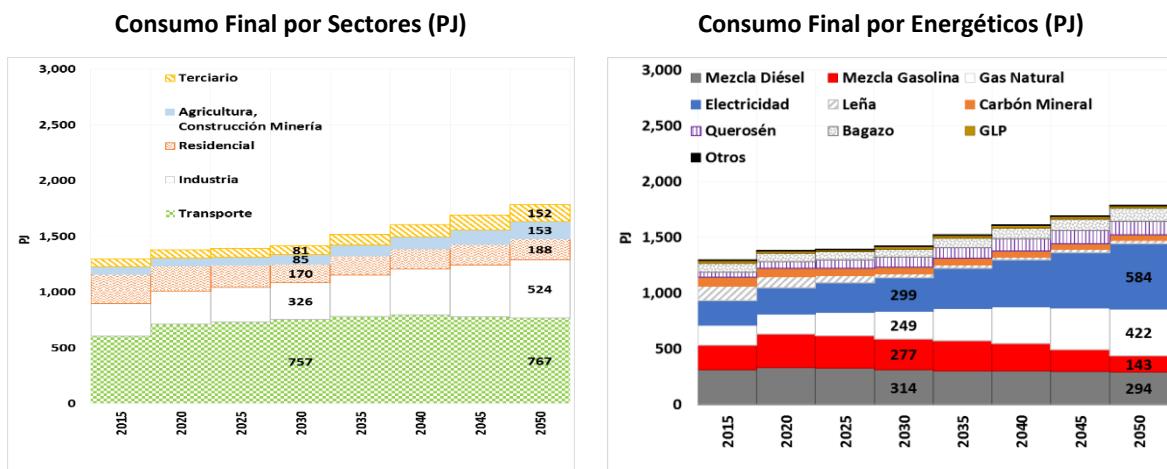
Ilustración 57 Escenario Nuevas Apuestas vs línea base COP21



Fuente: Elaboración propia con base en BECO

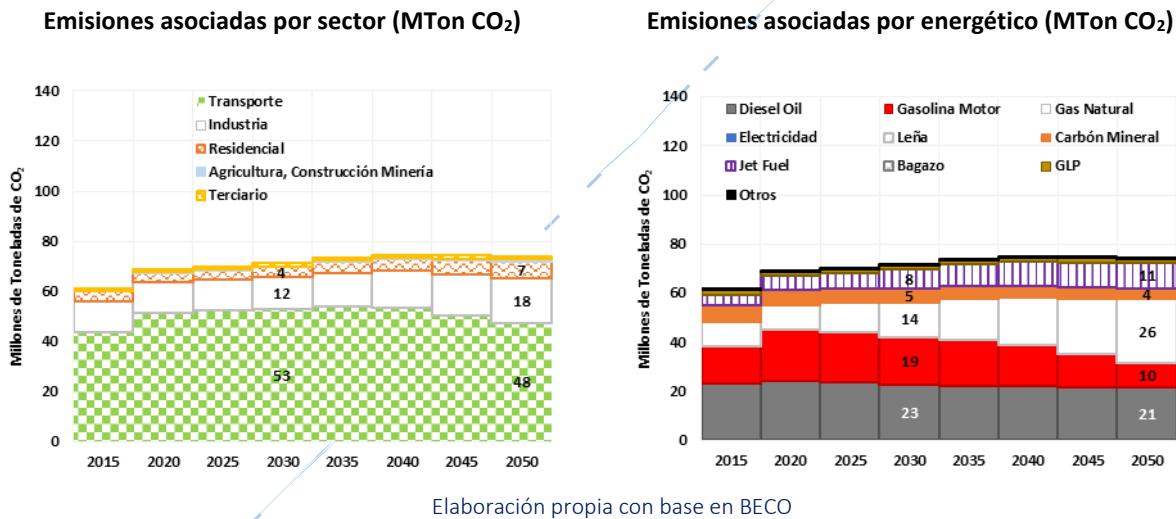
Con los supuestos expuestos inicialmente, se presentan los resultados de la proyección de energía por fuentes y sectores de consumo en la Ilustración 58:

Ilustración 58 Consumo final Escenario Nuevas Apuestas



Fuente: Elaboración propia con base en BECO

Ilustración 59 Emisiones escenario Nuevas Apuestas



Elaboración propia con base en BECO

En las Ilustraciones 58 y 59 se aprecia la evolución, tanto en consumo energético como en emisiones, del escenario Nuevas Apuestas. Colombia pasaría de consumir 1.295 PJ a 1.785 PJ. Se resalta el comportamiento del sector transporte, que seguirá siendo el de mayor participación en la matriz energética colombiana. A 2050, el sector transporte disminuirá los consumos de mezcla diésel y mezcla gasolina, debido al crecimiento en más de 300 veces del uso de la electricidad y de 1,90 veces del consumo del gas natural. Como resultado, se proyecta un crecimiento del sector transporte de 1,26 veces con respecto al año base 2015, que representa un crecimiento anual promedio de 0,66% en el período de proyección.

Al reducir el consumo de derivados del petróleo en transporte y mejorar la eficiencia energética en todos los sectores, las emisiones de CO₂ llegarían a 71 MtonCO₂ en 2030 y a 74 MtonCO₂ en 2050.

72

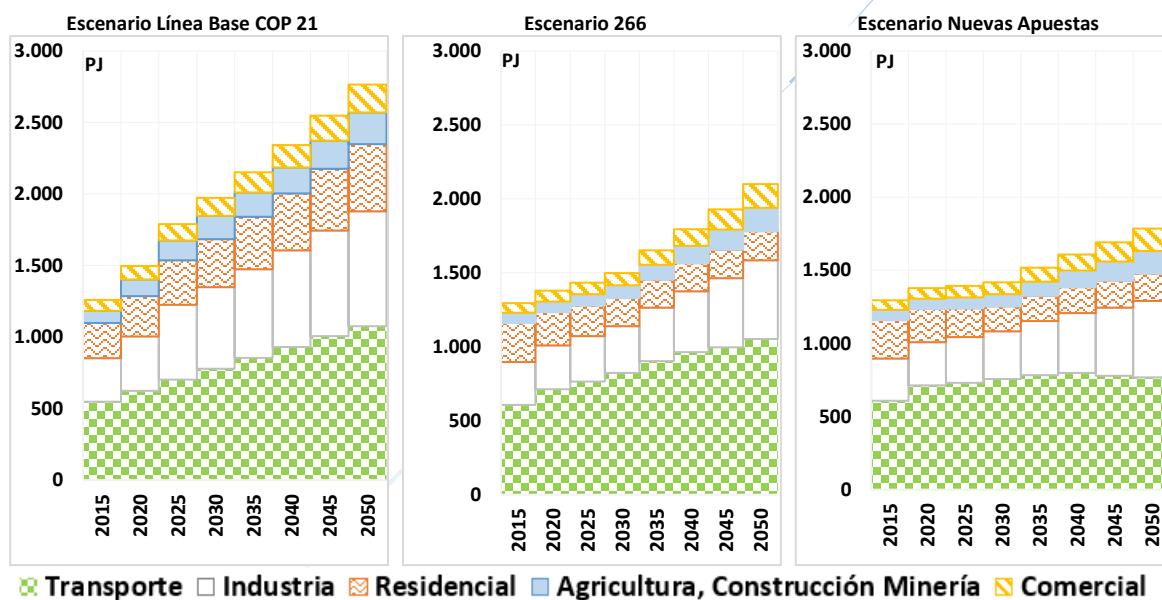
Los sectores que más contribuyen son transporte, con una participación del 64%, e industria manufacturera, con una participación del 24% a 2050.

4.5.2 Análisis comparativo de Escenarios de proyección

Una vez modelados los escenarios planteados y cada uno de los sectores de consumo, éstos se consolidan para presentar el agregado de la demanda de energía (PJ) proyectada por sector (Ilustración 60), energético (Ilustración 61) y la reducción de emisiones de CO₂ en los diferentes escenarios (de referencia, 266 y Nuevas Apuestas). Ilustración 62.

A nivel de sectores se observan disminuciones de consumo en todos los sectores siendo la disminución de mayor relevancia la del sector transporte que en el Escenario de Nuevas Apuestas logra reducir sus niveles de consumo en términos absolutos.

Ilustración 60 Proyecciones de demanda de energía por sectores a 2050 – (PJ)

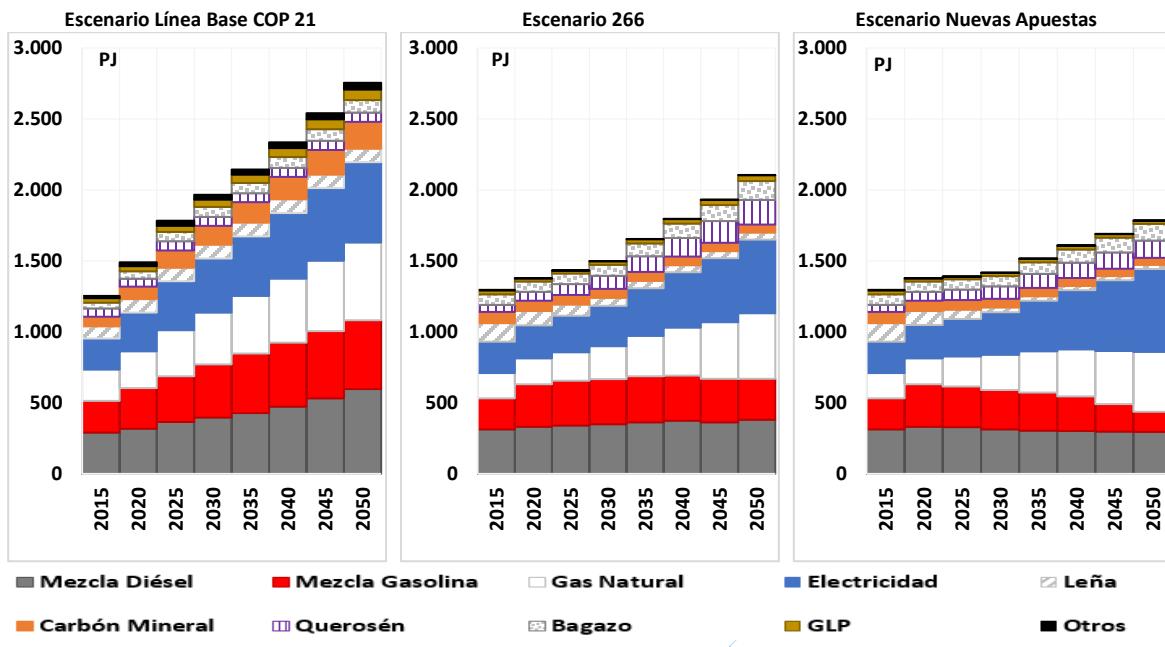


Fuente: BECO, UPME 2018

A nivel de demanda por energéticos, en ambos escenarios (266 y Nuevas Apuestas) se observa una disminución importante, en términos absolutos, de las mezclas de gasolina y diésel en todo el horizonte de proyección. Caso contrario ocurre con el consumo de gas natural y electricidad, por ser los llamados a protagonizar la transformación energética en el largo plazo. Conviene señalar el caso del carbón, para el cual, a pesar de las inmensas reservas disponibles en el país, se prevé una disminución sostenida del consumo interno.

73

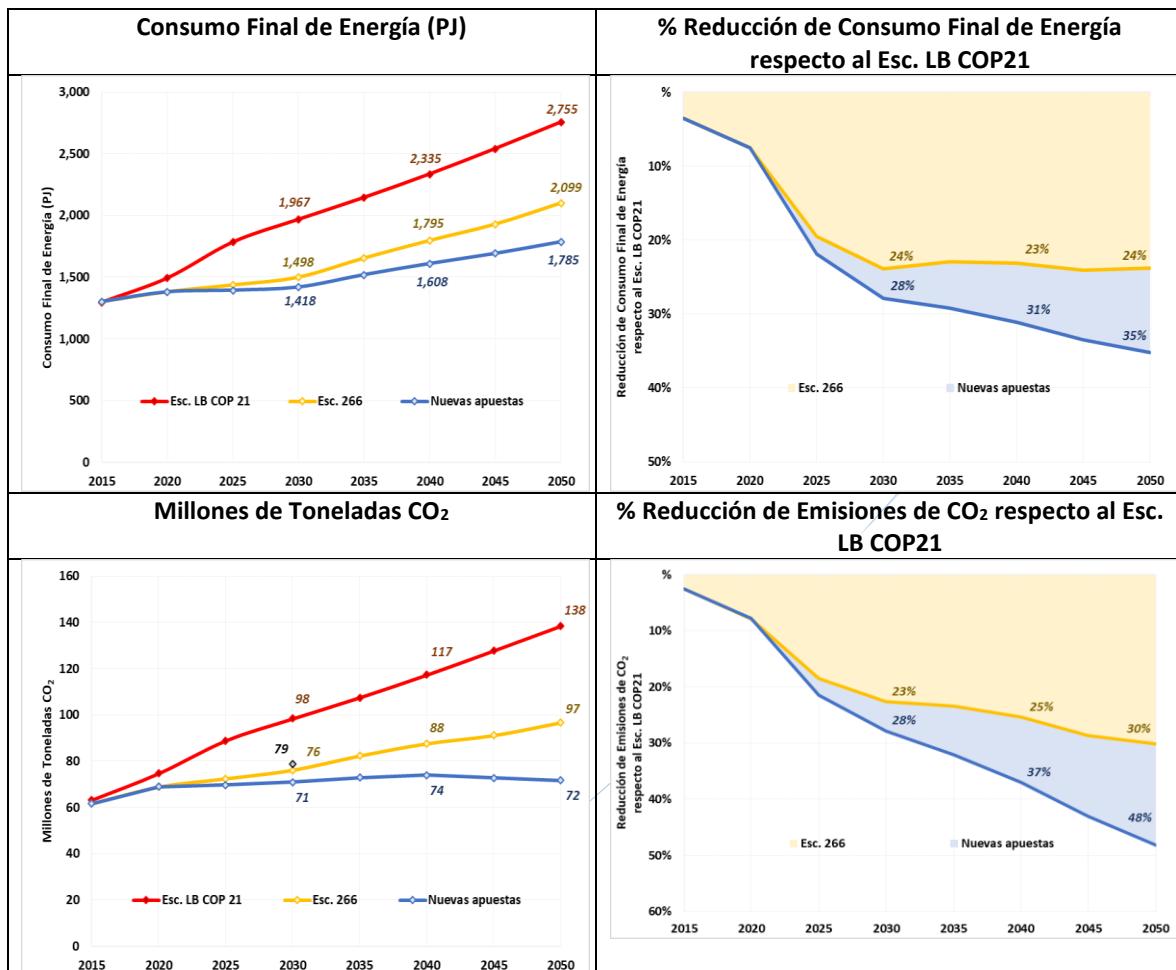
Ilustración 61 Proyecciones de demanda por energético a 2050 – (PJ)



Fuente: BECO, UPME 2018

De la Ilustración 6162, se puede apreciar la apuesta por una transformación de la matriz energética en los escenarios del presente PEN, con respecto a la línea base presentada en la COP 21. En la línea base todos los energéticos presentan crecimientos positivos, lo que también se reflejaba en las emisiones de CO₂ esperadas. En cambio, en el escenario 266 se aprecia que la mezcla de diésel y la mezcla de gasolina crecen en promedio a tasas de 0,56% y 0,81% promedio anual respectivamente, mientras que en el escenario Nuevas Apuestas, estos mismos energéticos presentan tasas de crecimiento anual negativas de 0,19% y 1,2%. Por su parte, el gas natural se proyecta como el energético de transición, llamado a sustituir otros asociados con mayores emisiones en todos los sectores, léase combustibles líquidos en transporte, carbón en industria y leña en residencial. El crecimiento promedio anual proyectado en el escenario 266 es de 2,74%, mientras que en el Nuevas Apuestas es de 2,47%. El crecimiento en el escenario Nuevas Apuestas es menor debido a que se asume una mayor penetración de la electricidad en sectores como transporte y residencial.

Ilustración 62 Comparación escenarios - Proyecciones de demanda 2050



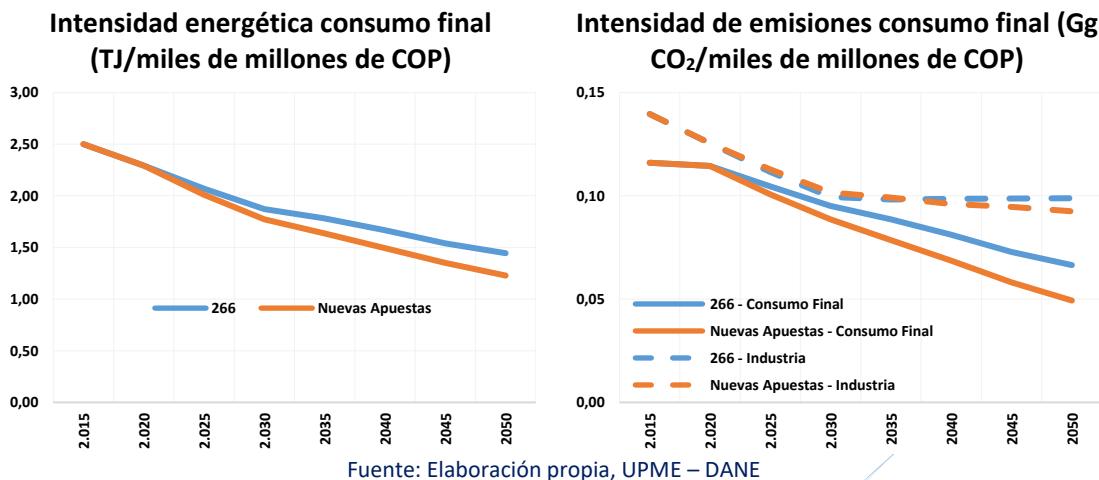
Fuente: BECO, UPME 2018

75

4.6 Indicadores de intensidad energética

Con base en las proyecciones de demanda de energía en los sectores de consumo final considerados y en las proyecciones de PIB utilizadas para el desarrollo de los mismos, se calculó la evolución de los indicadores de intensidad energética y de emisiones para el país. Como puede evidenciarse en la Ilustración 63 de lograrse los supuestos planteados, la economía colombiana podría requerir un cerca de un 40% menos de energía por unidad de PIB y produciría cerca de un 15% menos de emisiones por unidad de PIB al año 2050.

Ilustración 63 Evolución de la intensidad energética de la economía.



Aunque a la par con el crecimiento económico, se presenta un incremento en el consumo energético, un consumo eficiente de la energía hace que los dos indicadores continúen su tendencia a la baja, solo así se puede enfrentar el dilema del incremento de la demanda de energía frente al propósito de reducir las emisiones de GEI.

Se puede apreciar que el escenario *Nuevas Apuestas* presenta menor intensidad energética y de emisiones que en el escenario 266, de acuerdo a los supuestos de un mayor incremento en la eficiencia, así como una mayor sustitución tecnológica por tecnologías de bajas o cero emisiones. En el sector industrial el comportamiento del indicador de intensidad de emisiones puede comportarse de manera diferente al agregado, debido a que sus procesos térmicos requieren el uso de combustibles fósiles, lo que no permite una sustitución a gran escala por energéticos de bajas emisiones. Adicionalmente, las tasas de crecimiento proyectadas de su valor agregado son hasta 2 puntos porcentuales inferiores al crecimiento de la economía en conjunto.

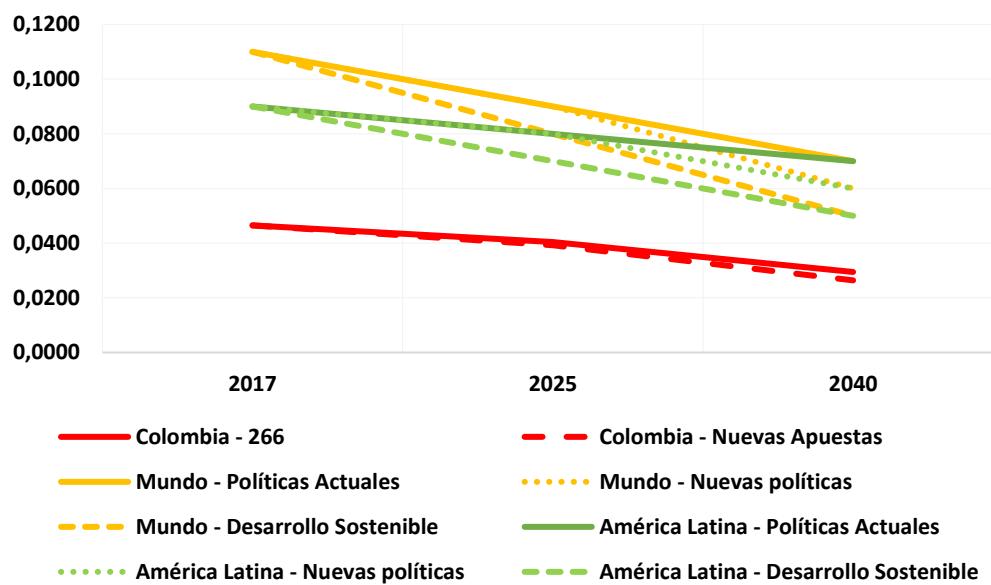
Vale la pena comparar la evolución de la intensidad energética colombiana contra la evolución del mismo indicador para el mundo y para América Latina. Al respecto, de conformidad con los datos reportados por el World Energy Outlook – WEO 2018⁵⁴ en sus escenarios de prospectiva, la intensidad energética promedio del mundo y de Latinoamérica es de 0,1, mientras que en Colombia es de 0,05.

La baja intensidad de Colombia indica que el PIB está compuesto principalmente por el valor agregado del sector servicios que tiene baja intensidad energética. Dado que a futuro se proyecta que la economía colombiana conserve la misma estructura que en la actualidad, y que incluso se incremente aún más la participación de servicios dentro del PIB, la intensidad energética proyectada seguirá siendo menor que la del mundo y la región. Ilustración 64.

76

⁵⁴ World Energy Outlook 2018. IEA. En línea: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018>

Ilustración 64 Comparación intensidad energética (TEP / miles USD PPA 2011)



Fuente: Elaboración propia a partir de cifras IEA, Banco Mundial, UPME

77

5. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados de las simulaciones realizadas para el Escenario 266, indican que de cumplirse con los supuestos considerados los elementos claves de la transformación energética a 2050 serían los siguientes:

- Se presentarán transformaciones profundas en la matriz energética de la economía, la electricidad y el gas natural serán los energéticos con mayor participación en el incremento de la oferta, representando un 72% de su crecimiento.
- Los energéticos de mayor consumo serán la electricidad y el gas natural con un 46% de participación en la matriz energética del país, en contraste con los energéticos predominantes en la actualidad, las mezclas de diésel y gasolina con el 45%.
- La electricidad, y con ello las energías renovables, será el energético de mayor crecimiento en los próximos treinta años.
- Las mezclas de diésel y gasolina alcanzarán un pico de consumo en 2040, y continuarán participando en más de la tercera parte de la oferta de energía del país.
- El sector transporte será el gran móvil de cambio en la transformación energética desde el punto de vista de la demanda.
- Los grandes móviles de cambio a nivel de la oferta serán la electricidad, el gas natural y el jet fuel.
- La demanda de energía crecerá más de un 60% en los próximos treinta años, a tasas del 1.5% anual.
- A pesar de reducirse el nivel de emisiones en un 22.5% y cumplirse con lo acordado en Paris, las emisiones seguirán creciendo a tasas del 1,4%. El reto de consumir más y emitir menos sigue vigente.
- La intensidad energética de la economía colombiana disminuirá en un 48%, necesitaremos menos energía por unidad de PIB.
- La eficiencia energética y la reducción del consumo de leña serán factores importantes para la transformación energética en los sectores industriales, terciario y residencial.
- Los cambios demográficos, los patrones de comportamiento de los hogares y la participación de los entes territoriales jugarán un papel preponderante en el consumo energético futuro.

78

Para cumplir con los objetivos propuestos y los resultados obtenidos serán claves los siguientes factores:

- Implementar la estrategia de movilidad sostenible
- Aprovechar de las potencialidades de la eficiencia energética en todos los sectores de consumo.
- Reducir del consumo de leña y la universalización del servicio eléctrico.
- Desarrollar las energías renovables y del mercado eléctrico en general.
- Asegurar el suministro de gas natural y de los refinados en las condiciones de calidad confiabilidad y oportunidad requeridos.
- Identificar tecnologías y acciones adicionales para reducir aún más los niveles de emisiones
- Acelerar la transformación de las redes de los energéticos hacia redes inteligentes, comenzando por las redes eléctricas.
- Profundizar el conocimiento de las tendencias energéticas y como el país debe adaptarse, adoptarlas y asimilarlas de manera acelerada.

79

Referencias Bibliográficas

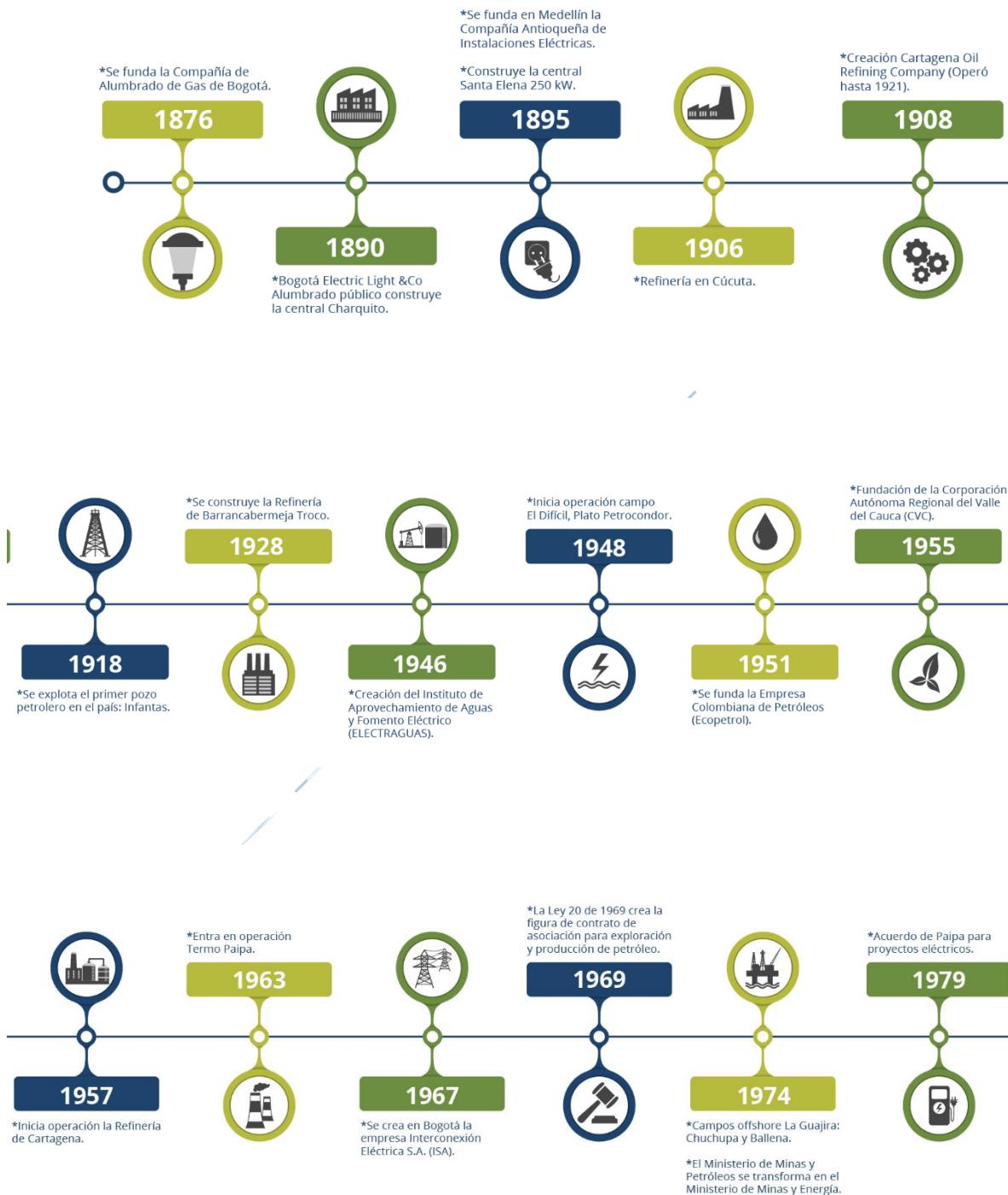
- ANH, A. N. (2019). "ANH en Datos - Cifras y Estadísticas". Obtenido de Agencia Nacional de Hidrocarburos: <http://www.anh.gov.co/ANH-en-Datos/Paginas/Cifras-y-Estad%C3%adsticas.aspx>
- BP (2019), "BP ENERGY OUTLOOK 2019", <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook.html>
- CORDERA CAMPOS (2014), "El desarrollo de ayer y de hoy: El reto de reconstruir el futuro", Facultad de Economía UNAM. Obtenido de <http://pued.unam.mx/cordera/2-Economia/desarrollo/ayer.pdf>
- CORNARE & UdeA. (2011). "Emisiones atmosféricas y eficiencia en fogones tradicionales y estufas eficientes, y valoración de la función pulmonar en la población expuesta en cuatro municipios del Oriente Antioqueño: informe final estudio piloto". Obtenido de Universidad de Antioquia. Facultad de Salud Pública.: <http://koha.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=4535424>
- DANE (2018), "Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2018".
- DANE (2019), "Censo Nacional de Población y Vivienda 2018" <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda-2018>
- DNP (1991), Documento CONPES 2571, "Programa de masificación del consumo de gas"
- DNP (1993), Documento CONPES 2646, "Plan de gas"
- DNP (2018), Documento CONPES 3943, "Política de mejoramiento del aire".
- DNP (2018), Documento CONPES 3934, "Política de crecimiento verde".
- DNP (2019), "Plan Nacional de Desarrollo 21018-2022, Pacto por Colombia, pacto por la equidad", <https://www.dnp.gov.co/DNP/Plan-Nacional-de-Desarrollo/Paginas/Pactos-Transversales/Pacto-transporte-y-logistica/Transporte-y-Logistica.aspx>
- DELOITTE (2019). ¿Qué es la Industria 4.0? Obtenido de Deloitte España: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/que-es-la-industria-4.0.html>
- ERNST&YOUNG (2017). Mapa de ruta para la transición hacia vehículos de bajas y cero emisiones. Obtenido de <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1160>
- ERNST&YOUNG (2019). Reloj de Cuenta Regresiva de Energía Eléctrica & Servicios públicos de EY. Bogotá.
- FEDESARROLLO (2015), "Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMTI) 2015-2035, Infraestructura para el Comercio Exterior, el desarrollo regional y la integración de territorios". Financiera de Desarrollo Territorial, Noviembre de 2015. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/2462/PMTI_30_NOV_2015_INF_FINAL.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- GIIGNL (2019), "Annual Report 2019".
- GARCÍA, PÉREZ, ORREGO, CASTAÑO (2016), "Un modelo casi ideal de demanda de combustibles para la industria". Documentos de Trabajo (EAFIT). https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8021/2016_03_Jhon_Jairo_Garcia.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- IEA (2018), "World Energy Outlook 2018". En línea: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018>.
- IEA (2019), "Natural Gas information 2019".
- INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION - ICCT. (2019). Update on electric vehicle costs. Obtenido de https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV_cost_2020_2030_20190401.pdf
- LEUNG, J., LIN, P., MOHAMED, R., & LO, C. (2011). "An investigation into induction versus gas stovetops". Obtenido de University of British Columbia: <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/undergraduateresearch/18861/items/1.0108355#downloadfiles>
- MEJÍA, MILLÁN Y PERRY (1982), "Estudio Nacional de Energía", Departamento Nacional de Planeación - Fonade (1982).
- MINENERGÍA, MINTRANSPORTE, MINAMBIENTE (2019), "Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica", https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/ENME_2019_V16Oct19.pdf

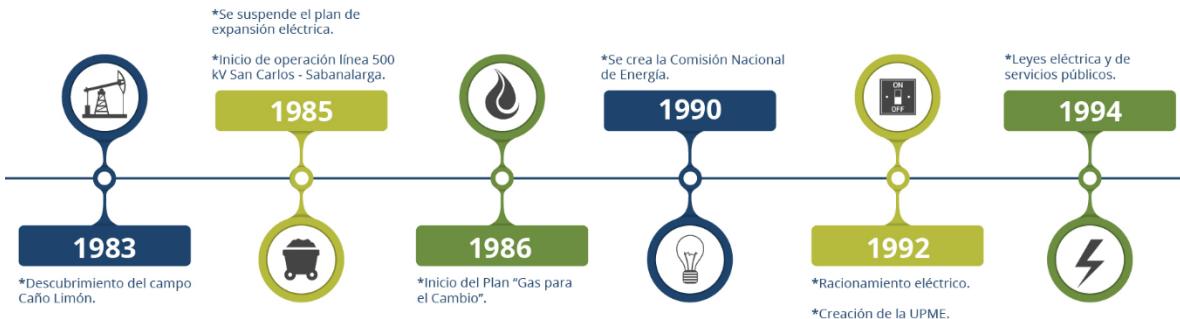
80

- MINTRANSPORTE (2013), "Plan Estratégico de Infraestructura Intermodal de Transporte -PEIIT",
<https://www.mintransporte.gov.co/documentos/225/peiit/>
- OLADE (2019) "Panorama Energético 2019. Metodología y definición de los indicadores".
- RUNT (31 de 12 de 2018). "Balance del sector transito y transporte 2018". Obtenido de
<https://www.runt.com.co/sites/default/files/Balance%20anual%20del%202018.pdf>
- UPME - UT INCOMBUSTION. (2014). "Determinación del potencial de reducción del consumo energético en los subsectores manufactureros códigos CIU 10 a 18 en Colombia". Obtenido de UPME:
http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INFORME_III_Caracterizacion_energetica_VerPub.pdf
- UPME (2016b), "Informes de cobertura 1995-2016", Obtenido de:
<http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturadelSistemaInterconectadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx>
- UPME (2019a), "Estudio Técnico para el Plan de Abastecimiento de gas natural".
- UPME (2019b), "Plan Indicativo de abastecimiento de combustibles líquidos",
https://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Plan_Abstecimiento_Combustibles_Liquidios_Final2019.pdf
- UPME (2019c). "Balance Energético Colombiano – Beco. Modelos analíticos". En línea:
<http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Paginas/modelos-analiticos.aspx>
- UPME (2019d), "Plan Indicativo de abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo",
https://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Plan_GLP.pdf
- UPME (2019e), "Plan Indicativo de Expansión de Cobertura PIEC 2019-2023",
http://www.upme.gov.co/Siel/Siel/Portals/0/Piec/Informacion_Base_PIEC_Dic302019.pdf
- UPME - CORPOEMA. (2013). "Determinación y priorización de alternativas de Eficiencia Energética".
Obtenido de UPME: <http://www1.upme.gov.co/Paginas/Estudio-Determinaci%c3%b3n-y-priorizaci%c3%b3n-de-alternativas-de-Eficiencia-Energ%c3%a9tica.aspx>
- UPME (2016), "Factores de emisión de combustibles Colombianos".
http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/calculadora.html
- UPME- COLCIENCIAS -UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA (2019), "Desarrollo de una herramienta de modelado y optimización para la introducción de gas natural a pequeña escala en los distintos sectores de consumo en Colombia". Convenio UPME-COLCIENCIAS.
- UPME – CONSORCIO ENERGÍA RURAL SOSTENIBLE (2019), "Estudio para formular el programa actualizado de sustitución progresiva de leña como energético en el sector residencial en Colombia, con sus componentes para su ejecución".
- UPME - CORPOEMA (2019), "Estimación de consumos de subsistencia en energía eléctrica, gas natural y GLP en el territorio nacional SIN y ZNI".
- UPME-FEDESARROLLO (2019) "Estudio para analizar y formular recomendaciones para la formación de los precios de los energéticos (Diesel, Gasolina, GLP, JET, Gas natural, Energía Eléctrica, Biocombustibles, y Carbón) y sus implicaciones sociales, ambientales, energéticas y supranacionales aplicables al caso colombiano".
- UPME-IREES - TEP - CORPOEMA. (2019), "Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Perdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética, Obtenido de UPME:
<http://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Paginas/estudio-primer-balance-energia-util-para-Colombia.aspx>
- UPME-STEER (2019), "Flota Oficial Colombia, Acelerando transición energética".
- UPME – CONSORCIO USAENE-SUMATORIA (2019), "Recomendaciones en materia de Infraestructura de recarga para la movilidad eléctrica en Colombia para los diferentes segmentos: Buses, motos, taxis, BRT".
- WEF (2018) "Electric Vehicles for Smarter Cities: The future of Energy Mobility, Obtenido de:
http://www3.weforum.org/docs/WEF_2018_%20Electric_For_Smarter_Cities.pdf
- WOOD MACKENZIE (2018), "Macro oils long-term outlook H1 2018"

Anexo 1, "Colombia energía en movimiento 1876 -2019"

Colombia, energía en movimiento





83

