

ESTUDIO DE PROSPECTIVA ENERGÉTICA

2018 – 2050

**(RESUMEN DE ESTUDIO DEMANDA Y
SUMINISTRO DE ENERGÍA)**

ASUNCIÓN, JULIO 2023



AUTORIDADES

Presidente de la República

Sr. Mario Abdo Benítez

Ministro de Obras Públicas y Comunicaciones

Ing. Rodolfo Segovia

Viceministro de Minas y Energía

Ing. Carlos Zaldivar

Director de Recursos Energéticos

Ing. Felipe R. Mitjans A.

“Atender las necesidades de energía de la población y de todos los sectores productivos, con criterios de calidad, responsabilidad socio-ambiental y eficiencia; constituyéndose la energía en factor de crecimiento económico, desarrollo industrial y de progreso social, en el marco de la integración regional”.

VISION ESTRATÉGICA – Política Energética de la República del Paraguay.



Equipo Técnico

Lic. Daniel Eliseo Puentes Albá, Coordinador General

Lic. Hugo Ariel Ramírez Mereles, Experto MAED

Ing. Andrés González Alvarenga, Experto MESSAGE

Ing. Nabila Nahir Duarte Ovejero, Asistente Técnico

Sr. Juan Carlos Guillén Ortiz, Asistente Técnico

Ing. Diego Tamatía Coronel Bejarano, Consultor VMME-BID

Ing. Santiago Manuel Ruíz Galeano, Consultor VMME-BID

Dirección de Recursos Energéticos (DRE)
Viceministerio de Minas y Energía (VMME)
Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC)



Contenido

PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO DE PROSPECTIVA ENERGÉTICA 2018 - 2050	5
BREVE SINTESIS TEÓRICA Y METODOLÓGICA	6
▪ Estudio de demanda: MAED	6
▪ Estudio de suministro: MESSAGE	7
▪ Año Base.....	8
1. PERFIL ENERGÉTICO DEL PARAGUAY	9
1.1. Evolución y Situación Actual	9
1.1.1.Ubicación geográfica y clima.....	9
1.1.2.Evolución y situación actual socio-económica.....	9
1.1.2.1.Demografía.....	9
1.1.2.2.Economía.....	9
1.1.3.Recursos energéticos	10
1.1.3.1.Recursos energéticos no renovables.....	10
1.1.3.2.Recursos energéticos renovables.....	10
1.1.3.3.Matriz de Oferta de Energía	10
1.1.4.Evolución y estado actual del sistema energético.....	10
1.1.4.1.Suministro total de energía primaria.	10
a.Producción nacional de energía primaria.	10
b.Importaciones de energía primaria.....	11
1.1.4.2 Suministro total de energía secundaria.....	11
2. EXPECTATIVAS DE DESARROLLO DEL SISTEMA ENERGÉTICO	12
2.1. Breve descripción del año base. Demanda de energía.	12
2.2. Breve descripción del año base. Tecnologías de suministro de energía.....	13
2.3. Descripción de los Escenarios.	16
2.3.1.Consideraciones generales.....	16
2.3.2.Período de estudio.	17
2.3.3.Impacto de la pandemia de COVID-19	17
2.3.4.Escenario de Referencia.	18



2.3.5.Escenario Alternativo.	21
2.3.6.Comparativo en cuanto a las hipótesis energéticas asumidas en cada escenario.....	22
3. RESULTADOS DEL MODELADO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA AL AÑO 2050.....	25
3.1. Escenario de Referencia.....	25
3.2. Escenario Alternativo	28
3.3. Resumen comparativo entre los escenarios de demanda y principales conclusiones.	30
4. RESULTADOS DEL MODELADO DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA AL AÑO 2050.	32
4.1. Síntesis Teórica y Metodológica.....	32
4.2. Parámetros principales del estudio.....	32
4.3. Regiones y curva de carga.....	33
4.4. Tecnologías y formas de energía.....	33
4.4.1.Cadena energética.....	33
4.4.2.Detalle de las Tecnologías de Producción (Generación)	34
4.4.3.Detalle de las Otras Tecnologías	40
4.4.3.1.Tecnologías Sistema de Transmisión y Sistema de Distribución	40
4.4.3.2.Tecnología Extracción de Gas Natural.....	40
4.5. Principales Conclusiones	41
5. EVALUACIÓN RESPECTO A COMPROMISOS NACIONALES E INTERNACIONALES ADQUIRIDOS POR EL PAÍS.....	43
5.1. Resultados al año 2030 con relación a las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC). .	43
5.2. Resultados al año 2030 en relación con el Plan Nacional de Desarrollo y a la Política Energética Nacional.	45
BIBLIOGRAFÍA	47

Cierre del procesamiento de datos y elaboración del estudio: Mayo de 2023

Cierre de revisión del documento: 20 de Julio de 2023

Cierre de incorporación de ajustes y recomendaciones: 27 de Julio de 2023



PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO DE PROSPECTIVA ENERGÉTICA 2018 - 2050

“La prospectiva energética se constituye así en un campo en plena evolución, de intersección entre los estudios del futuro, el análisis de políticas públicas y la planificación estratégica. Fundamentalmente, busca aclarar las prioridades gubernamentales y de la región, sector o cadena productiva bajo estudio. Pero su propósito más amplio es promover un gran cambio cultural, una mejor comunicación, una interacción más fuerte y una más grande comprensión mutua entre los actores para pensar su futuro y tomar decisiones desde el presente¹”.

Es así que, el proceso de la planificación energética y la formulación de políticas, tienen en la prospectiva energética una de sus herramientas básicas. Los primeros pasos de la planificación están enfocados en conocer la realidad actual y el contexto en que esta se desenvuelve. Se trata de realizar un diagnóstico a partir del comportamiento histórico, tanto de la demanda como de la oferta de energía. Este diagnóstico significa el punto de partida que sirve de base para el desarrollo de los escenarios de prospectiva que constituyen la información básica para la toma de decisiones de política y planificación estratégica a corto, mediano y largo plazo.

El estudio de prospectiva energética 2018 – 2050 que se complace en presentar el Viceministerio de Minas y Energía del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (VMME – MOPC) es fruto del trabajo técnico realizado por personal calificado del propio VMME – MOPC. En ello colaboraron numerosas instituciones nacionales que han suministrado los datos e informaciones necesarias, así como en la formulación de aquellos elementos básicos para la elaboración de las hipótesis que sostienen los escenarios que sirvieron de insumo para el estudio de prospectiva energética que se presenta. Llegue el agradecimiento por la colaboración brindada a todas las instituciones que en alguna medida colaboraron en este empeño.

Igualmente merece destacar, que las capacidades adquiridas por staff técnico del VMME – MOPC para el desarrollo de este tipo de estudios no hubieran sido posible sin el acompañamiento y la asistencia técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), a través de la participación de Paraguay en el proyecto regional RLA2017 “Apoyo a la preparación de planes de desarrollo de energía sostenible a escala regional (ARCAL CLXVI)”. El uso de los modelos MAED (Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía) y MESSAGE (Modelo de Alternativas Estratégicas de Abastecimiento Energético y su Impacto Ambiental General) suministrados por el OIEA en el marco del proyecto, la capacitación para la parametrización de ambos modelos, la preparación de los datos de entrada, la explotación del mismo y la interpretación de resultados fueron elementos claves para alcanzar las capacidades a las que hacíamos referencia inicialmente.

En concreto, el estudio que se presenta corresponde a los resultados obtenidos en cuanto a la demanda de energía con horizonte al año 2050 considerando año base el año 2018. En este informe se presentan los resultados de dos escenarios denominados “de Referencia” y “Alternativo” respectivamente. Adicionalmente se presentan los resultados del estudio realizado sobre el suministro de energía, específicamente en lo que se refiere al sector eléctrico, de acuerdo a las demandas resultantes en el escenario “de Referencia”. Cabe señalar que en el conjunto de las hipótesis asociadas a los escenarios que se presentan, han sido considerados los impactos derivados de la pandemia de COVID-19.

Ing. Carlos Zaldívar Villalba
Viceministro de Minas y Energía

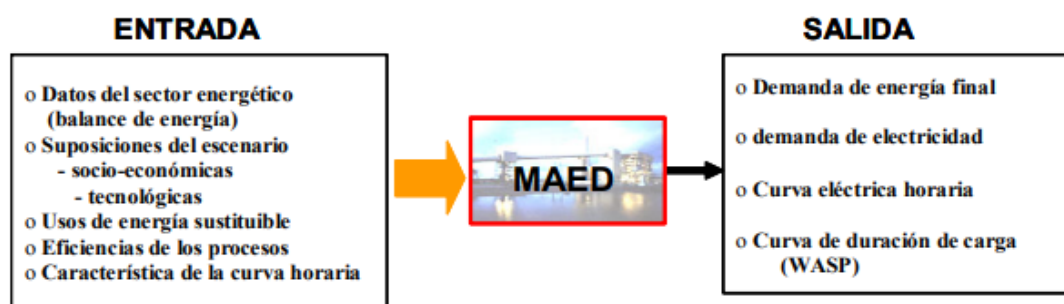
¹ OLADE; *Manual de Planificación Energética 2017*. 2da Edición, marzo 2017; Quito, Ecuador. página 11.

BREVE SINTESIS TEÓRICA Y METODOLÓGICA.

Un análisis prospectivo tiene por objetivo explorar sobre el futuro a partir de considerar un conjunto de hipótesis posibles. Por supuesto, que ello supondría operar con un conjunto elevado de posibilidades que harían impracticable cualquier análisis. En los análisis de prospectiva energética es usual la realización del mismo a partir de la construcción de dos o tres escenarios² posibles a partir de hipótesis específicas. Más adelante se detallan las condiciones posibles que fueron consideradas en cada escenario objeto de estudio.

- Estudio de demanda: MAED

El modelo utilizado en la realización del estudio de demanda que se presenta es el MAED (Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía). El MAED es un modelo que permite evaluar las demandas futuras de energía partiendo de escenarios de mediano y a largo plazo. Incorpora en esos escenarios los aspectos del desarrollo socioeconómico, tecnológico y demográfico desglosado en categorías de uso final según diferentes bienes y servicios. El modelo estima las influencias de los factores impulsores sociales, económicos y tecnológicos de un escenario dado.



Entradas y salidas principales del MAED.

FUENTE: OIEA; *Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía (MAED-2). Manual del Usuario*, Edición en español, Julio de 2007. Viena, Austria. 2007. Página 5

A diferencia de otros modelos, el MAED no calcula directamente la evolución de la demanda de energía a partir de la evolución de los precios de los energéticos. Por ejemplo, la demanda de gasolina no se calcula a partir de un precio hipotético; este precio simplemente se tiene en cuenta implícitamente cuando se escriben los escenarios y sirve como una referencia para modelar la evolución futura de los parámetros involucrados, tales como la razón de tenencia de auto, distancia promedio recorrida por auto cada año, etc.

En conclusión, el precio de los energéticos no se tiene en cuenta explícitamente; los precios simplemente afectan el nivel en el que sitúan los parámetros socioeconómicos en los escenarios construidos.

² El concepto de “escenario” en el campo de la planificación tiene al menos dos significados. A veces se lo usa para denominar los “resultados” de la prospectiva, otras veces para describir las “condiciones que se vislumbran como posibles” para cierto horizonte de planificación, es decir condiciones previas al ejercicio de la prospectiva. OLADE; *Manual de Planificación Energética 2017*. 2da Edición, marzo 2017; Quito, Ecuador. página 80.

Nota VMME - MOPC: A los fines de este estudio se asume el segundo de estos significados

- Estudio de suministro: MESSAGE

El modelo MESSAGE (Modelo para alternativas de estrategia de suministro de energía y sus impactos ambientales generales) es un software diseñado para configurar modelos de sistemas de energía (es decir, suministro y utilización de energía) para su optimización. MESSAGE fue desarrollado originalmente en el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA). El OIEA adquirió la última versión de MESSAGE y se le han realizado varias mejoras, sobre todo la adición de una interfaz de usuario para facilitar su aplicación³.

El principio subyacente de un modelo, construido usando el MESSAGE, es la optimización de una función objetivo bajo un conjunto de restricciones que definen la región factible que contiene todas las soluciones posibles del problema. El valor de la función objetivo ayuda a elegir la solución considerada mejor según los criterios especificados. En la categorización general, los modelos construidos usando el MESSAGE pertenecen a la clase de modelos de programación de enteros mixtos ya que pueden contener algunas variables enteras.

La columna vertebral del MESSAGE es un marco flexible que permite una descripción detallada del sistema energético que se está modelando. Esto incluye la definición de las formas de energía en cada nivel de las cadenas energéticas, las tecnologías que producen o utilizan estas formas de energía y los recursos energéticos.

Los datos de demanda de energía que debe ser suministrada son exógenos al modelo, generalmente pero no necesariamente, a partir de los resultados sobre las demandas de energía obtenidos por la aplicación del modelo MAED.



Pantalla de entrada a la herramienta para la planificación energética MESSAGE

³ User Manual (DRAFT) International Atomic Energy Agency. June 2007

- Año Base

El punto de partida para usar el modelo MAED es la construcción del patrón de consumo de energía del año base dentro del modelo.

Esto requiere la recopilación y conciliación de los datos necesarios de las diferentes fuentes, deducir y calcular varios parámetros de entrada y ajustarlos para reproducir el balance energético en el año base. En el caso del estudio de prospectiva que se presenta el Año Base seleccionado fue 2018⁴

En el caso de Paraguay, el año 2018 se caracteriza por no presentar variaciones extremas en términos de energía y de las variables socioeconómicas, así como en la estructura del PIB, en el que sobresalen los sectores agropecuarios, comercial y servicios.

A los efectos de la recopilación y conciliación de los datos que permiten calcular las variables de entrada al modelo fue necesario realizar un trabajo de gabinete por parte de los técnicos del VMME – MOPC que permitiera disponer del balance del año 2018 con la desagregación requerida en el modelo y en términos de energía útil para ciertos datos de entrada, principalmente en los sectores productivos. Este trabajo se realizó en base al Balance Nacional en Energía Útil del año 2011 y la actualización posterior realizada para el año 2013. En este trabajo se realizaron estimaciones, considerándose aspectos importantes, tales como: Identificación de valores, la estructura de participación y estadística de regresión lineal o ajuste lineal matemático.



Proceso de recolección y conciliación de datos para el Año Base 2018
FUENTE: Elaboración VMME - MOPC

⁴ El Año Base del estudio fue acordado entre los países participantes del proyecto RLA2017 “Apoyo a la preparación de planes de desarrollo de energía sostenible a escala regional (ARCAL CLXVI)” para ser utilizado por parte de todos los países de manera uniforme a fin de poder ser integrados posteriormente en un estudio regional.

1. PERFIL ENERGÉTICO DEL PARAGUAY

1.1. Evolución y Situación Actual

1.1.1. Ubicación geográfica y clima

Paraguay es un país mediterráneo ubicado en América del Sur. Tiene una superficie de 406,752 km² y limita al noreste con Brasil, al sur y sureste con Argentina, y al noroeste con Bolivia. Se halla a unos 800 km del Océano Pacífico y a 600 km del Atlántico.

El río Paraguay divide el territorio en dos grandes regiones naturales de morfología distinta: la Oriental y la Occidental o Chaco. La Oriental ocupa aproximadamente el 40% del territorio y la Occidental aproximadamente el 60% del territorio. La topografía es ondulada con colinas relativamente pequeñas y valles anchos.

El clima es tropical a subtropical, gobernado por una masa de aire tropical y polar, con veranos muy cálidos y lluviosos e inviernos con temperaturas bajas. La temperatura media anual es de 24° C. Las temperaturas máximas extremas en el verano pueden alcanzar los 45°C, y las temperaturas mínimas en invierno pueden caer hasta los cero grados.

1.1.2. Evolución y situación actual socio-económica

1.1.2.1. Demografía⁵

En el año 2018 la población fue de 7.052.983 habitantes, donde el 61,7 % corresponde a áreas urbanas, y el 38,3 % a las rurales.

En el caso de los hogares para el 2018, se contaba con un total de 1.795.109. Por área de residencia, corresponde al área urbana el 62,5 % del total y el área rural el 37,5%

1.1.2.2. Economía

La economía creció en la última década⁶ con una tasa promedio de 4,3 %, impulsado principalmente por la industria (manufacturera), la agricultura, la construcción y la ganadería. Para el año 2018 el PIB fue de 46.546,9 millones de dólares constantes, de los cuales la agricultura aporta el 18,9 %, la industria manufacturera el 10,6 % y los servicios el 44,9 %.

Este crecimiento económico estuvo impulsado principalmente por la agricultura, la ganadería y su cadena productiva (de la mano de la expansión de las exportaciones cárnicas), por el aumento de las construcciones, tanto públicas como privadas, y por el buen momento que atravesó el sector industrial.

⁵ FUENTE: Instituto Nacional de Estadística (INE). Población: Proyección de la Población Nacional, Áreas Urbana y Rural por Sexo y Edad, 2000-2025 (Rev.2015). Hogares: Encuesta Permanente de Hogares 2018.

⁶ 2009-2018 en USD constante de 2014. FUENTE de cálculo: Anexo Estadístico del Informe Económico 19-06-2023. BCP

1.1.3. Recursos energéticos

1.1.3.1. Recursos energéticos no renovables

En Paraguay existen indicios de petróleo sin que hasta la fecha hayan sido evaluadas sus reservas y capacidades de explotación. Se hallaron reservas de gas natural, cuyas dimensiones conocidas a la fecha serían insuficientes para la explotación comercial, requiriéndose la ejecución de los estudios pertinentes. Al no contar con reservas, Paraguay depende en la actualidad totalmente de las importaciones de derivados del petróleo para satisfacer la demanda interna.

1.1.3.2. Recursos energéticos renovables

El país es uno de los principales productores de energía renovable a nivel mundial y, además, uno de los países con mayor hidroenergía per cápita del mundo.

La biomasa utilizada proviene generalmente de los bosques nativos y de plantaciones forestales, por consiguiente, la valoración económica de los bosques nativos constituye una necesidad para la sostenibilidad de los mismos y la reforestación es un factor fundamental para la provisión de energía.

1.1.3.3. Matriz de Oferta de Energía

La matriz de oferta de energía en el año 2018 está conformada por hidroenergía con 46 % (Centrales hidroeléctricas de Itaipú, Yacyretá, y Acaray), 32 % de biomasa (leñas, productos de caña y otros residuos) y 22 % de hidrocarburos (diésel, gasolina y otros derivados), en su totalidad importados.

El 71,3 % de la energía eléctrica paraguaya generada en el año 2018 fue exportada a Brasil y Argentina. El uso de otras fuentes alternativas de energía primaria (biodiésel, solar, eólica, etc.) es aún limitado y no intervienen de manera significativa en el balance energético nacional.

1.1.4. Evolución y estado actual del sistema energético.

1.1.4.1. Suministro total de energía primaria.

a. Producción nacional de energía primaria.

La energía primaria son las formas energéticas tal como son provistas por la naturaleza o con pequeñas transformaciones que no alteran mayormente sus características físico químicas. De esta forma, el destino de las fuentes primarias por lo general, son los centros de transformación.

Las fuentes primarias de energía consideradas en el Balance Energético Nacional del Paraguay⁷ son:

- Carbón mineral (en su totalidad importado)
- Hidroenergía
- Leña y otros productos primarios de la biomasa

La producción de energía primaria en Paraguay está compuesta exclusivamente por fuentes renovables de energía. En 2018 el 60,2 % de la producción total de energía primaria fue hidroenergía.

El suministro de energía primaria a partir de productos de la biomasa en Paraguay tiene dos flujos diferenciados: el uso final de la biomasa en forma directa sin un proceso previo de transformación y la transformación en derivados para su uso final en los diferentes sectores.

⁷ Además de las fuentes citadas, se registra la utilización marginal de energía solar fotovoltaica cuyos bajos niveles no alcanzan para su incorporación en el Balance Energético.

b. Importaciones de energía primaria.

La única fuente primaria de energía importada es el carbón mineral. Su participación en la matriz energética nacional es marginal, apenas el 0,06 % del consumo final total de energía.

1.1.4.2 Suministro total de energía secundaria.

La energía secundaria está constituida por los productos energéticos que han sufrido algún proceso de transformación para adecuarlas al consumo final. Todas las fuentes energéticas secundarias se originan en un centro de transformación y tienen como destino fundamental el consumo final, aunque eventualmente pueden constituir entrada a un centro de transformación.

Las formas de energía secundaria consideradas en el Balance Energético Nacional de Paraguay son:

Derivados del petróleo

- Gas licuado de petróleo
- Gasolina de Motor (incluye aviación)
- Kerosén y Jet fuel
- Diésel
- Fuel oil
- Coque de petróleo
- No energéticos (aceites lubricantes y otros, grasas, solventes, etc.)

Productos secundarios de la biomasa

- Carbón vegetal
- Alcohol
- Biodiesel

Electricidad

El total de los productos derivados del petróleo que son consumidos en el mercado nacional son importados. La única refinería del país cerró sus operaciones en el año 2005.

El combustible diésel tiene un amplio uso en el transporte de carga y pasajeros, así como en actividades propias del sector agrícola - ganadero y la construcción.

El Paraguay dispone de una diversidad de carboneras destinadas al suministro de carbón vegetal para los diferentes sectores del consumo final y la exportación. Esta actividad está generada tanto por grandes empresas formalmente constituidas, así como por pequeños productores agrícolas. La eficiencia de estos centros de transformación varía según la región, características de la materia prima y del mercado al que está destinado. A partir del año 2015, el Balance Energético Nacional asigna una eficiencia energética promedio a nivel nacional de alrededor del 49,2 % para la transformación de cada u.e.p⁸. de leña a una u.e.p. de carbón vegetal.

La producción de alcohol carburante se sustenta tanto a partir de la destilación de las melazas de la industria del azúcar como por la molienda y destilación de cereales como el maíz y otros. Esta última fuente de materia prima ha alcanzado una notoriedad relevante en los últimos años.

⁸ u. e. p.: Unidad equivalente de petróleo.

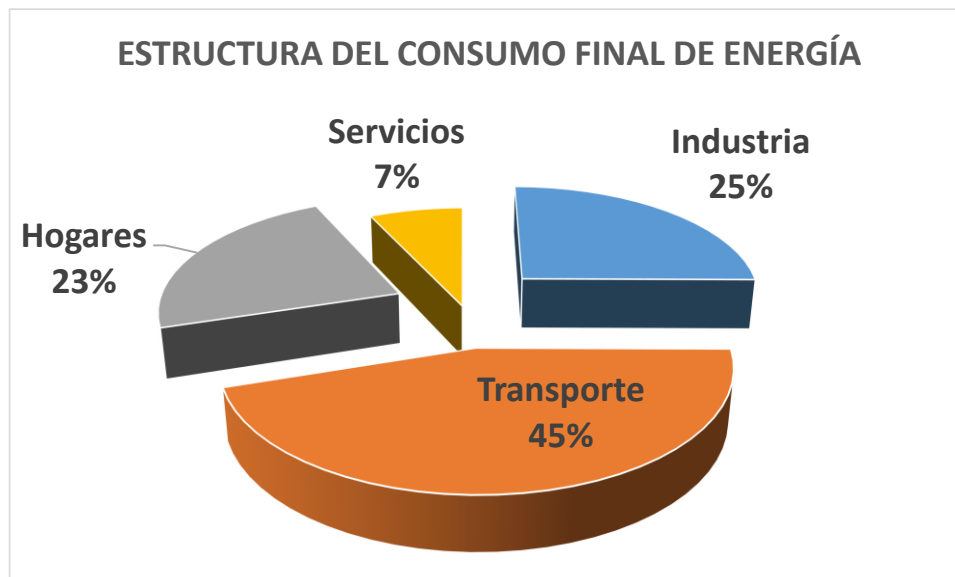
Casi el 100 % de la energía eléctrica generada en Paraguay es producida en centrales hidroeléctricas. El país dispone de 2 centrales hidroeléctricas binacionales (Itaipú, en co-administración con Brasil y Yacyretá en co-administración con Argentina). Dispone además de la central hidroeléctrica Acaray administrada totalmente por la Administración Nacional de Electricidad (ANDE).

Los altos excedentes de electricidad disponible para la exportación establecen la estructura energética del país y el de su perfil como exportador. Como consecuencia del incremento en la demanda nacional de electricidad, la generación eléctrica destinada a la exportación ha mantenido un ritmo decreciente en los últimos años; el 86,0 % de la generación bruta total fue exportado en 2004, proporción que pasó al 71,3 % en 2018.

2. EXPECTATIVAS DE DESARROLLO DEL SISTEMA ENERGÉTICO

2.1. Breve descripción del año base. Demanda de energía.

El consumo final de energía en 2018 fue de 6.484,5 ktep⁹, siendo los principales consumidores el sector industria con el 25 %, transporte con el 45 % y hogares con el 23 %¹⁰.



FUENTE: Elaboración propia. Dirección de Recursos Energéticos. VMME - MOPC

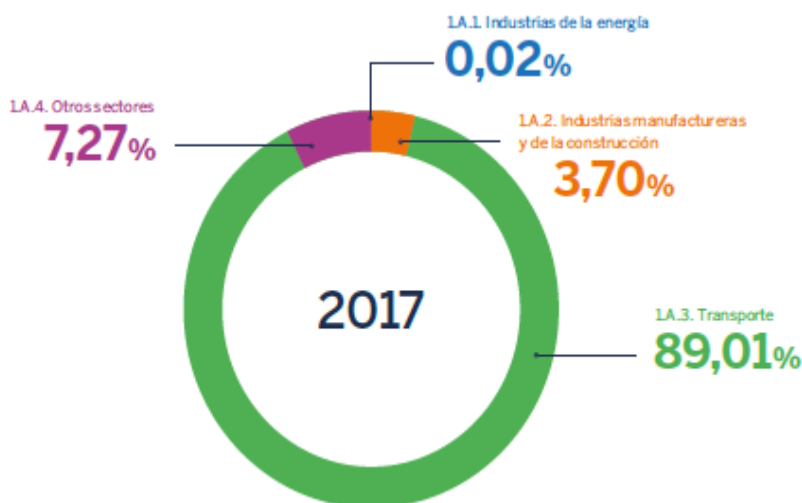
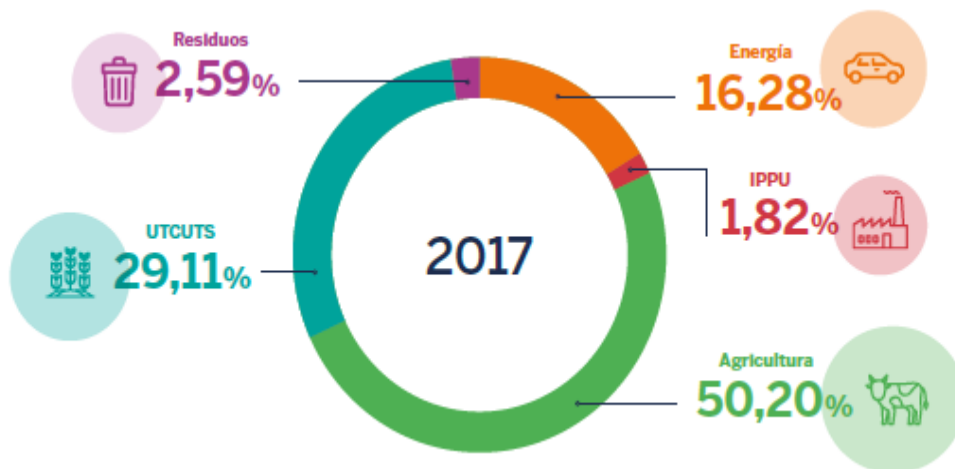
La fuente que se consume en mayor cantidad es la Leña con el 28 % del consumo total; luego se ubican el Diésel con el 25 % y la Electricidad con el 17 %, es decir que estas tres fuentes concentran alrededor del 70 % del consumo neto total.

De acuerdo con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI)¹¹ para el año 2017¹², el sector Energía es responsable del 16,28 % de las emisiones totales a nivel nacional. La principal fuente de emisiones dentro del sector energético es el transporte.

⁹ Se refiere al Consumo Final Energético. No incluye el consumo de productos energéticos con fines no energéticos (lubricantes, grasas, solventes, etc.).

¹⁰ La estructura por sectores y productos energéticos del consumo final para el año 2018 fue estimada de acuerdo a los requerimientos de entrada en el modelo MAED, y la misma se calculó a partir del Balance Energético en términos de Energía Útil realizado en el año 2011 y que presenta una mayor desagregación sectorial que el Balance en términos de Energía Final. No obstante, la estructura presentada se refiere a Energía Final y no a Energía Útil. El sector Industria incluye Agricultura, Construcción y Minería.

¹¹ MADES; "Tercer Informe Bienal de Actualización sobre Cambio Climático ante la CMNUCC". MADES-DNCC/ PNUD- FMAM. Proyecto IBA3. Asunción, Py. Agosto 2021



FUENTE: Tercer Informe Bienal de Actualización sobre Cambio Climático ante la CMNUCC (IBA-3). MADES-DNCC/PNUD-FMAM

2.2. Breve descripción del año base. Tecnologías de suministro de energía.

En correspondencia con el esquema de la matriz energética nacional, las tecnologías de suministro de energía están prácticamente limitadas a la electricidad y los derivados de la biomasa. Los derivados del petróleo se importan en su totalidad y no existen otras fuentes de energía primaria que intervengan de manera significativa en el balance nacional.

¹² Conforme al Artículo 13 de la Ley N° 5875/16 “Nacional de Cambio Climático”, corresponde a la Dirección Nacional de Cambio Climático (DNCC) del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) el cálculo del estimado de emisiones para el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI). A la fecha del cierre del presente estudio, el último año publicado para el INGEI es 2017.

En el año 2018, la Generación Bruta de energía eléctrica del país¹³ alcanzó 59.212,46 GWh incluyendo 1,6 GWh generados por centrales térmicas aisladas operadas por la Administración Nacional de Electricidad (ANDE). De ese total, el 98,2 % fue aportado por las centrales hidroeléctricas binacionales¹⁴. Como se hace mención en párrafos anteriores, el 71,3 % del total generado tuvo como destino la exportación a los mercados de Argentina y Brasil, mientras que el 21,1 % tiene como destino satisfacer la demanda interna, luego de descontadas las pérdidas en transmisión y distribución, y el consumo propio del sistema.



La Central Hidroeléctrica de Itaipú está localizada en el Río Paraná, en el trecho fronterizo entre el Paraguay y el Brasil, 14 Km al Norte del Puente de la Amistad.

La potencia instalada de la Central es de 14.000 MW (megawatts), con 20 unidades generadoras de 700 MW cada una.



Yacyretá es una central hidroeléctrica que aprovecha el potencial del río Paraná, ubicada en la Isla Yacyretá. La longitud total de la estructura es de 808 metros, con un ancho de aproximadamente 80 metros. Yacyretá se crea en el año 1973 en condiciones igualitarias para ambas partes (Paraguay y Argentina). La potencia instalada es de 3.100 MW.



La central de Acaray dispone de una potencia instalada de 210 MW. Su administración está a cargo de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE). La cota del embalse es de 185,3 metros, mientras que aguas abajo la cota es de 115 metros.

El suministro de energía a partir de productos de la biomasa en Paraguay tiene dos flujos diferenciados: el uso final de la biomasa en forma directa sin un proceso previo de transformación y la transformación en derivados para su uso final en los diferentes sectores.

¹³ Incluye únicamente la energía generada por las centrales públicas. No incluye autoprodutores. De acuerdo con el Balance de Energía Útil 2011 (BEU 2011), la autoproducción de energía eléctrica cubrió el 1,5 % de la demanda total de electricidad para ese año.

¹⁴ Téngase en cuenta que, en el caso de las centrales hidroeléctricas binacionales, las estadísticas energéticas oficiales que sirven de fuente a la elaboración del Balance Energético Nacional contabilizan únicamente el 50 % de la energía eléctrica bruta generada por cada una de las dos centrales binacionales. El 50 % restante es propiedad del país socio (Argentina o Brasil según corresponda).

El uso directo de la leña como energético está localizado en el sector residencial rural y en el sector industria. En el sector residencial rural la leña se emplea principalmente en la cocción de alimentos¹⁵

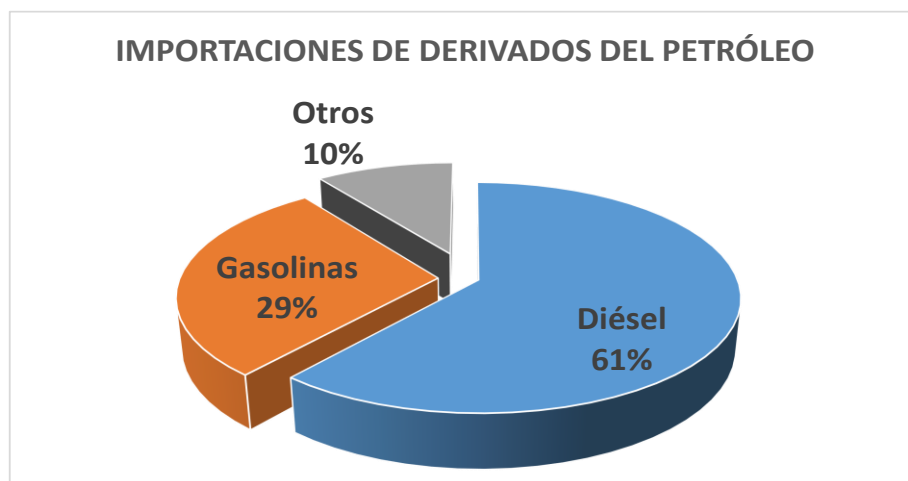
Flujo	Energéticos
Biomasa primaria como uso directo	Leña Residuos vegetales
Biomasa primaria como transformación en biomasa secundaria	Leña ⇒ Carbón vegetal Otras (melazas de caña) ⇒ Alcoholes Otras (cereales) ⇒ Alcoholes

En el año 2018, el suministro total de Leña alcanzó 2.426,0 ktep, de los cuales el 25,1 % tuvo como destino la producción de carbón vegetal, mientras que el 74,9 % restante fue dirigido directamente al consumo final, a los fines de cubrir los requerimientos térmicos en la industria y los hogares.

Por otra parte, muchas de las materias primas empleadas en la industria contienen desechos combustibles (cascarilla de coco, cascarilla de arroz, bagazo de la caña de azúcar, etc.) los mismos son utilizados para satisfacer los requerimientos de energía. Una parte de estos desechos se utilizan directamente en necesidades térmicas y otra parte, generalmente bagazo, en la generación eléctrica. En el año 2018, el suministro de residuos sólidos de la biomasa alcanzó 572,0 ktep, principalmente bagazo en la industria azucarera.

Finalmente, las materias primas (melazas de caña y otros cereales) para la producción de alcohol combustible en 2018 alcanzó 927,5 ktep de los cuales se obtuvo un total de 165,1 ktep de alcoholes destinados principalmente a la mezcla con gasolina para su uso en el transporte carretero.

En el caso de los productos derivados del petróleo, tal como ya se mencionó, Paraguay depende en su totalidad de las importaciones. En el año 2018 las importaciones de derivados del petróleo, incluyendo no energéticos, alcanzaron 2.705,9 ktep, de los cuales el 61,2 % correspondió a combustible diésel, seguido de las importaciones de gasolina que alcanzaron el 28,7 % del total. El destino principal de la importación de derivados del petróleo está dirigido a satisfacer la demanda del sector transporte.



FUENTE: Elaboración propia. Dirección de Recursos Energéticos. VMME - MOPC

¹⁵ De acuerdo a la Encuesta Permanente de Hogares 2018 (EPH), el 52,0 % de los hogares rurales utiliza la leña como combustible principal para la cocción de alimentos. Fuente: INE.

2.3. Descripción de los Escenarios.

2.3.1. Consideraciones generales

A los efectos del presente documento, el concepto de “escenario” se usa para describir las “condiciones que se vislumbran como posibles” para cierto horizonte de planificación, es decir condiciones previas al ejercicio de la prospectiva.

En correspondencia, se define el alcance del concepto de “Escenarios de Planificación”, con base en cinco rasgos esenciales¹⁶:

- Escenario de planificación, es la construcción imaginativa del contexto estructural relevante que enmarcará la realidad energética bajo estudio, en un determinado horizonte futuro.
- Es una construcción hipotética, basada en hipótesis de comportamientos estructurales racionalmente posibles, sustentados en relaciones causales analíticamente consistentes.
- Es de una expresión resumida y simple, pero de elaboración compleja, lo cual refleja el doble propósito de constituirse en un elemento de comprensión y uso sencillo, útil para la toma de decisiones ante el devenir futuro; y ser, a la vez, el resultado de un proceso de análisis abarcador, sólido y robusto.
- Define posibilidades y no probabilidades de ocurrencia, permitiendo analizar las eventuales consecuencias ante el acontecer de tales posibilidades.
- Es un instrumento de la prospectiva que permite reducir la incertidumbre en la toma de decisiones.

Para el estudio que se presenta han sido construidos dos escenarios: Un escenario que se denomina “Escenario de Referencia” y un segundo denominado “Escenario Alternativo”. La decisión asumida responde simplemente la clasificación que resulta de la adopción de ciertas hipótesis referentes al comportamiento futuro de las diferentes variables.

Las hipótesis asumidas en ambos escenarios abarcan las dimensiones económica, demográfica, ambiental y energética. En ellas se incorporan los supuestos que corresponden respecto de las políticas públicas y estrategias derivadas de los actores nacionales, así como aquellas que se derivan del cumplimiento de importantes compromisos nacionales e internacionales adquiridos por el país.

Las políticas públicas, estrategias nacionales, y los compromisos nacionales e internacionales evaluados en la construcción de los escenarios se resumen en:

- PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2030 y su Avance y Actualización 2021 (Aprobado por Decreto N° 2.794 del Poder Ejecutivo con fecha diciembre de 2014).
- POLÍTICA ENERGÉTICA DE LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY 2040 (Aprobado por Decreto N° 6.092 del Poder Ejecutivo con fecha octubre de 2016).
- OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)¹⁷.

¹⁶ OLADE. *Manual de Planificación Energética*. (2da ed., p. 80). 2017

- CONTRIBUCIONES NACIONALES DE LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY (NDC) en correspondencia con los Acuerdos de París¹⁸.

2.3.2. Período de estudio.

El estudio que se presenta abarca el período desde el año 2018 (año base) con proyección hasta el año 2050, dividido en 6 intervalos de 5 años cada uno, excepto el primero que se extiende desde 2018 hasta 2025.

2.3.3. Impacto de la pandemia de COVID-19

La pandemia del COVID-19 desatada a inicios del año 2020, obligó al Paraguay a tomar medidas de emergencia sanitaria, incluyendo el aislamiento social y por tanto a una paralización más o menos severa de parte del sistema productivo del país, con impacto sobre los ingresos nacionales. Por otra parte, estas condiciones atípicas presentes en el año 2020 y en menor incidencia en el 2021, repercutieron también tanto en la demanda de energía como en la oferta.

A los fines del presente estudio, se consideraron los efectos tangibles que fueron registrados en los años mencionados, los cuales tuvieron particular incidencia en el intervalo 2018 – 2025.

- Contexto Socioeconómico:

A partir de la promulgación de la LEY N° 6524/2020 "Que declara Estado de Emergencia en todo el territorio de la República del Paraguay ante la pandemia declarada por la Organización Mundial de la Salud a causa del COVID-19 o CORONAVIRUS" y el conjunto de Decretos vinculantes, se establecen una serie de medidas nacionales y territoriales entre las que destacan el cierre y restricciones a las actividades escolares, el aislamiento preventivo general, la cuarentena inteligente y otras. El conjunto de medidas citadas incidió directamente en un incremento del desempleo, la drástica limitación en la realización de eventos y actividades sociales, el deterioro en los hábitos y costumbres tradicionales y en el normal desempeño del sistema educativo.

En particular, el Producto Interno Bruto (PIB) en el año 2020 manifiesta una caída del 0,8 % respecto al año 2019, destacando el sector de los servicios con una reducción del 3,1 %, siendo este sector el de mayor aporte en la composición del PIB nacional. Dentro del sector servicios se destacan las reducciones registradas en los subsectores Servicios a las empresas (11,3 %), Restaurantes y hoteles (32,0 %), y Servicios a los hogares (12,2 %). En el caso del sector secundario, se destaca la reducción en la actividad de la industria manufacturera (1,3 %).

La desaceleración en el comportamiento de la actividad económica en el año 2020 resultó en un factor incidente en la tasa de crecimiento del PIB en el intervalo 2018 - 2025 la cual se estimó en torno al 2,2 %

¹⁷ Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015-2030) también conocidos por sus siglas ODS son una iniciativa impulsada por Naciones Unidas para dar continuidad a la agenda de desarrollo tras los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).

¹⁸ Suscripción del Acuerdo de París por Ley 5681/16. La República del Paraguay presentó sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas ante la Convención, mediante el cual asumió el compromiso internacional de reducción del 10 % de las emisiones de Gases de Efecto invernaderos y otro 10% en caso de contar con financiamiento.

– Sector Energético

Lo Oferta Total de energía en el año 2020 (Producción Primaria + Importación – Exportación ± Variación stock - No Aprovechada) cae en un 5,9 % respecto al año 2019, arrastrada básicamente por la caída en la producción primaria de energía (decrece en 7,9 %) y las importaciones, principalmente de derivados del petróleo (decrecen en 6,5 %).

No todo el comportamiento descrito es efecto de la pandemia de COVID-19. En particular, en el caso de la producción primaria de energía, el comportamiento descrito está en buena parte explicado por la caída del 9,5 % en la producción de hidroenergía para la generación de electricidad, por efecto de las desfavorables condiciones hidrológicas en el río Paraná.

En cuanto a los efectos derivados de la pandemia de COVID-19 encontramos:

- Contracción del 4,2 % en la demanda de productos de la biomasa, particularmente leña, explicada por la reducción en los niveles de actividad en el sector de la industria manufacturera, el comercio y los servicios en restaurantes y hoteles.
- Una menor demanda de productos derivados del petróleo vinculada a la actividad de transporte, con mayor incidencia en el caso del diésel (con un 2,9 % por debajo de lo importado en 2019) y la gasolina de motor (con una reducción del 8,9 % respecto al 2019), ambos productos relacionados estrechamente con la caída en los niveles de actividad del transporte resultado de las restricciones más o menos severas en cuanto a la movilidad de las personas en diferentes períodos del año. Ello resultó un factor que determinó una disminución en el uso del transporte individual y la marcada disminución en la disponibilidad en el transporte colectivo.
- Significativo crecimiento en la demanda nacional de energía eléctrica debido al notable crecimiento en la demanda del sector residencial (15,7 %). Este crecimiento se explica por el incremento en el tiempo de permanencia de las personas en sus hogares a partir de las modalidades de teletrabajo, la menor frecuencia de asistencia a los centros laborales por la implementación del sistema de cuadrillas, las restricciones generales en movilidad de las personas y otras que resultan en un mayor uso del equipamiento eléctrico en el hogar.

2.3.4. Escenario de Referencia.

De acuerdo a la literatura internacional, pudiéramos identificar este escenario como un “escenarios de continuidad” construido mediante una proyección razonable de las tendencias del presente. Sin embargo, y como se verá más adelante, para el presente estudio, en el Escenario de Referencia han sido incorporadas ciertas discontinuidades que han sido consistentemente justificadas.

El escenario se identifica, por sus preceptos básicos en que se fundamenta y que tienen que ver con los paradigmas del desarrollo energético sostenible, y por su capacidad de orientación hacia el logro de las metas y objetivos que ello significa, cuyos instrumentos básicos fueron mencionados en 2.3.1. Consideraciones generales.

Bajo esta visión, el escenario se fundamenta en un conjunto de hipótesis que proyecta el futuro del sector energético, asumiendo aquellas acciones ya instrumentadas o aquellas con una relativa confianza en su nivel de implementación.

Entre las acciones consideradas en las hipótesis del escenario se citan:

– Hipótesis socio económicas:

- Crecimiento poblacional: Según datos del INE (revisión 2015). Tasa acumulada 2018-2050: 1,1 %.

- Tasa de variación acumulada del PIB²⁰:

INTERVALO	TASA DE VARIACIÓN ACUMULADA (%)
Período 2018-2025	2,2 ¹⁹
Período 2026-2030	4,8
Período 2031-2035	5,3
Período 2036-2040	4,9
Período 2041-2045	4,5
Período 2046-2050	4,4

- Desarrollo de la Industria Manufacturera: Vestimenta, Calzados, Autopartes, Electrodomésticos, Productos Químicos y Metalurgia.

– Hipótesis energéticas:

Las hipótesis energéticas tienen en cuenta básicamente las directrices y metas consignadas en la Política Energética Nacional 2040. Lo anterior se manifiesta a través de las siguientes especificidades generales de los condicionamientos y metas:

- Reducción de la intensidad energética con la introducción de equipamientos más eficientes en todos los sectores de consumo.
- Desarrollo Social: Mejora en la calidad de vida (100% de acceso a energía de calidad, acceso a equipamientos y mejora en confort).
- Reducción de Emisiones de GEI: Ampliar el uso de fuentes de energía renovables.
- Movilidad Sostenible.

¹⁹ En la sección “2.3.3 Impacto de la pandemia de COVID-19”, se hace referencia al impacto de la pandemia declarada en el año 2020, el cual tiene efecto directo en este intervalo del estudio.

²⁰ A los efectos del modelado, se tomó como referencia las tendencias de crecimiento consignados en el Plan Nacional de Desarrollo (PND), las que fueron complementadas los efectos de la epidemia de COVID-19 para el año 2020 y con índices calculados por parte del Equipo Técnico en función del comportamiento de la economía en los últimos años.

A continuación, se presenta un resumen de las hipótesis energéticas para cada una de las especificaciones generales a las que se ha hecho referencia:

EFICIENCIA ENERGÉTICA

Principales medidas:

- Desarrollo y difusión de planes de Eficiencia Energética.
- Promoción de la eficiencia energética en edificaciones, industria y transporte.
- Promoción del uso de tecnología eficiente.
- Penetración de vehículos eléctricos.
- Penetración de calefactores a leña eficientes.
- Promoción del uso de fogones eficientes en el sector rural.
- Establecer mecanismos de financiamiento público y privado de proyectos de eficiencia y tecnologías eficientes.
- Etiquetado de eficiencia energética en artefactos (Luminarias, calentadoras de agua sanitaria, colectores solares, refrigeradores, aires acondicionados, cocina natural y GLP, vehículos, viviendas, entre otros).

Otras medidas:

- Plan de recambio de luminarias en alumbrado público.
- Generación de capacidades en las empresas del sector energético en gestión eficiente de la oferta y demanda.
- Construir portfolios de proyectos de cooperación internacional.

DESARROLLO SOCIAL

Principales medidas:

- Sustitución de fuentes de menor calidad en el sector residencial por fuentes más modernas (GLP, electricidad, solar térmica, etc.).
- Incremento de la participación de la energía eléctrica reduciendo los combustibles fósiles en los diferentes usos.
- Implementación de tarifas y planes sociales para el acceso a la canasta energética básica en hogares vulnerables.
- Desarrollo de programas de dotación de servicios energéticos para la inclusión social
- Mejoras en materiales y sistemas constructivos de la vivienda.
- Destinar fondos para el desarrollo social y económico establecido a partir de recursos financieros del sector energético.
- Establecer estrategias de expansión de comercios minoristas energéticos para mejorar el abastecimiento de los mismos al público.
- Establecer programas de Responsabilidad Social y Ambiental y de gestión de las relaciones entre comunidad y las empresas del sector energético.

REDUCCIÓN DE EMISIONES GEI

Principales medidas:

- Establecer normativas para Mitigación de Emisiones de GEI por consumo de energía.
- Incorporación de mezcla de biocombustibles (biodiesel y bioetanol) a combustibles del sector transporte.
- Promover el desarrollo de cultivos de materia prima para biocombustibles líquidos.
- Incorporación de vehículos con tecnología FLEX.
- Plan de renovación de Flota del Sector Público con vehículos FLEX.
- Recambio de flotas a Normas Euro más recientes (maquinaria agrícola y tracto camiones de carga)
- Disponer de marco legal actualizado para el sector biomasa sólida.
- Establecer el proceso de certificación de biomasa sólida para el consumo energético.
- Desarrollar proyectos energéticos que aprovechen los beneficios de mecanismos globales de cambio climático.
- Establecer estándares ambientales para todas las actividades de la cadena energética, incluyendo el consumo final.

MOVILIDAD SOSTENIBLE

Principales medidas:

- Promoción del uso del transporte público frente al particular.
- Promoción de transporte activo (bici sendas, ciclo vías y peatonales, sistema de bicicletas público)
- Incorporación de flota eléctrica al transporte público, taxis y flotas comerciales.
- Diseñar y establecer un programa de Movilidad Eléctrica en el sector público.
- Incentivar y promocionar el uso de biocombustibles en el transporte público de pasajeros y transporte de cargas.
- Desarrollo de infraestructura para la oferta al público de biocombustibles.
- Ampliar la infraestructura para la oferta de biocombustibles (capacidades de producción).
- Incorporación de la movilidad a hidrógeno para el transporte terrestre de pasajeros, transporte de cargas con tracto camiones y transporte fluvial, estas medidas llevan a que el consumo en el sector transporte sea eficiente y sostenible

2.3.5. Escenario Alternativo.

La construcción de este escenario se fundamenta en la consideración de las mismas hipótesis socio económicas asumidas (sendero único) para el Escenario de Referencia. En cuanto a las hipótesis energéticas, el Escenario Alternativo plantea un rompimiento en la relativa continuidad que caracteriza el Escenario de Referencia, lo que permite el análisis de sus consecuencias en términos de demanda y suministro de energía.

En particular, en el caso de las hipótesis energéticas, éstas se sustentan en las mismas especificidades generales de los condicionamientos y metas incorporados en el Escenario de Referencia, sin embargo, éstas han sido concebidas partiendo de una “mayor ambición” en cuanto a metas relacionadas con la intensidad energética, el acceso a la energía de calidad, la reducción del impacto ambiental, el uso de fuentes alternativas de energía y la movilidad sostenible.

En concreto, este escenario busca responder a preguntas tales como: ¿qué pasaría si en lugar de aplicar esta política de esta forma la aplicara de esta otra forma? o ¿Qué pasaría si en lugar de alcanzar esta meta hasta este nivel, la alcanzara sobrepasando el nivel que me había fijado inicialmente?

Atendiendo a las etapas socio-históricas y de desarrollo del sector energético nacional, no cabe duda que el Escenario Alternativo requiere de un mayor nivel en lo que se refiere a la intervención política y/o de planificación, en algunos casos siendo necesario pasar de un enfoque meramente normativo, a un enfoque indicativo, complementado con la incorporación paralela de determinados escenarios de incentivos financieros y escenarios de mercado.

La incertidumbre, es una medida de confianza o de certeza asociada al futuro y la misma es usualmente tomada en cuenta al usar escenarios, los cuales describen “los mundos” donde podríamos encontrarnos en ese futuro. En el caso del presente estudio, y aún sin haberse realizado los análisis pertinentes, la evaluación de los factores y supuestos considerados en la construcción del Escenario de Referencia y el Escenario Alternativo, tienden a hacernos suponer que el nivel de incertidumbre del segundo sería mayor que el del primero.

2.3.6. Comparativo en cuanto a las hipótesis energéticas asumidas en cada escenario.

Seguidamente se presenta en detalle las hipótesis energéticas que fueron asumidas en los escenarios de Referencia y Alternativo agrupadas por sectores de consumo:

SECTOR COMERCIAL, SERVICIOS Y PÚBLICO	
Escenario de Referencia	Escenario Alternativo
<ul style="list-style-type: none">Las sustituciones entre fuentes serán moderadas. Se considera la introducción de la energía solar en el 2035 para calentamiento de agua, principalmente en hoteles y hospitalesLas mejoras de eficiencia serán consecuencia de la renovación normal de artefactos y equipos.	<ul style="list-style-type: none">La penetración de la energía solar será mayor que en el escenario de Referencia a partir del 2030 para calentamiento de agua, principalmente en hoteles y hospitales.Las medidas de eficiencia energética consistirán en la promoción al recambio hacia equipos más eficientes, la adopción de prácticas conservadoras o ahorradoras de energía y mejoras en los envolventes edilicias.

SECTOR HOGARES

Escenario de Referencia	Escenario Alternativo
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento moderado en el consumo por hogar en los usos refrigeración de ambientes, calentamiento de agua y otros artefactos. ▪ La sustitución de la Leña en cocción y la penetración de la Electricidad serán a tasas menores. ▪ Ingreso moderado del uso solar térmico para calentamiento de agua en el área metropolitana 2040. ▪ Las mejoras en la eficiencia energética serán consecuencia de la renovación natural de los artefactos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Las sustituciones entre fuentes serán mayores que en el escenario de Referencia, impulsando la penetración de la Electricidad. ▪ Se incorpora la energía solar en el año 2035 para calentamiento de agua en el área metropolitana. ▪ Se incorpora el gas natural en el año 2035 en sustitución del GLP en el área metropolitana. ▪ Las mejoras en eficiencia energética se impulsarán por dos vías: el recambio hacia artefactos de mejor eficiencia; y, la aplicación de prácticas conservadoras de energía impulsadas por una fuerte campaña. ▪ En el medio rural y en los bajos ingresos urbanos se introducirán cocinas a leña eficientes.

SECTOR TRANSPORTE

Escenario de Referencia	Escenario Alternativo
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Habrá una penetración de los vehículos fuel-flex (etanol, biodiesel). ▪ Reducción del consumo del diésel, por la mezcla con el biodiesel 2030. ▪ Se plantea el ingreso del Tren de Cercanías eléctrico a partir del 2035. ▪ Las reducciones de los consumo específicos de los distintos tipos de vehículos serán las tendenciales debidas a las mejoras tecnológicas en los motores. 	<p>Transporte de Pasajeros</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ En este escenario se prevé: un aumento en el consumo de vehículos fuel-flex, el ingreso de autos y buses eléctricos 2035, biodiesel en 2030, e hidrógeno en el 2040. ▪ El Tren de Cercanías es igual al escenario de Referencia en el 2035. ▪ Se considerarán acciones relacionadas con la penetración de autos de mayor eficiencia. <p>Transporte de Carga</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ transporte de carga de cabotaje serán las tendenciales y se incorpora el hidrógeno en el 2040. ▪ Además, se prevé el ingreso de camiones biodiesel 2030 e hidrógeno en el 2040.



SECTOR INDUSTRIA

Escenario de Referencia

- Sector Agropecuario y Forestal, se mantiene prácticamente inalterada. No habrá mejoras significativas en la eficiencia energética.
- Sectores de Minería y Construcción, no habrá sustituciones entre fuentes y los ahorros por eficiencia energética serán los tendenciales.
- Se frenará el proceso de penetración de la Leña registrado en el pasado reciente, manteniéndose las participaciones de las fuentes por uso del año base 2018.
- La Leña será sustituida por Fuel Oil en la producción de vapor, a partir del 2040.
- Las mejoras de eficiencia energética serán las tendenciales propias del normal cambio tecnológico e inversiones de reposición.

Escenario Alternativo

- Sector Agropecuario y Forestal, se prevé un aumento en la eficiencia energética.
- En los sectores de Minería y Construcción: los ahorros por eficiencia energética serán mayores.
- La Leña será sustituida por; Fuel Oil en la producción de vapor; y por Coque y Electricidad en calor directo para el 2030.
- A partir de 2035, ingreso de Gas Natural en establecimientos de área metropolitana
- Se introducirán con mayor intensidad los motores eléctricos, los variadores de velocidad y mejoras en las aislaciones de generadores de calor y en la distribución del vapor.
- Se incorpora la energía solar para el precalentamiento del agua para la producción de vapor desde el año 2035.

3. RESULTADOS DEL MODELADO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA AL AÑO 2050.

3.1. Escenario de Referencia

A los fines del análisis de los resultados del modelado de la demanda de energía utilizando MAED, éstos se presentan de forma agregada en estratos por grupos de energéticos. atendiendo a la clasificación por formas de energía que utiliza la herramienta y su vínculo con la estructura del Balance Energético Nacional. Seguidamente la clasificación empleada:

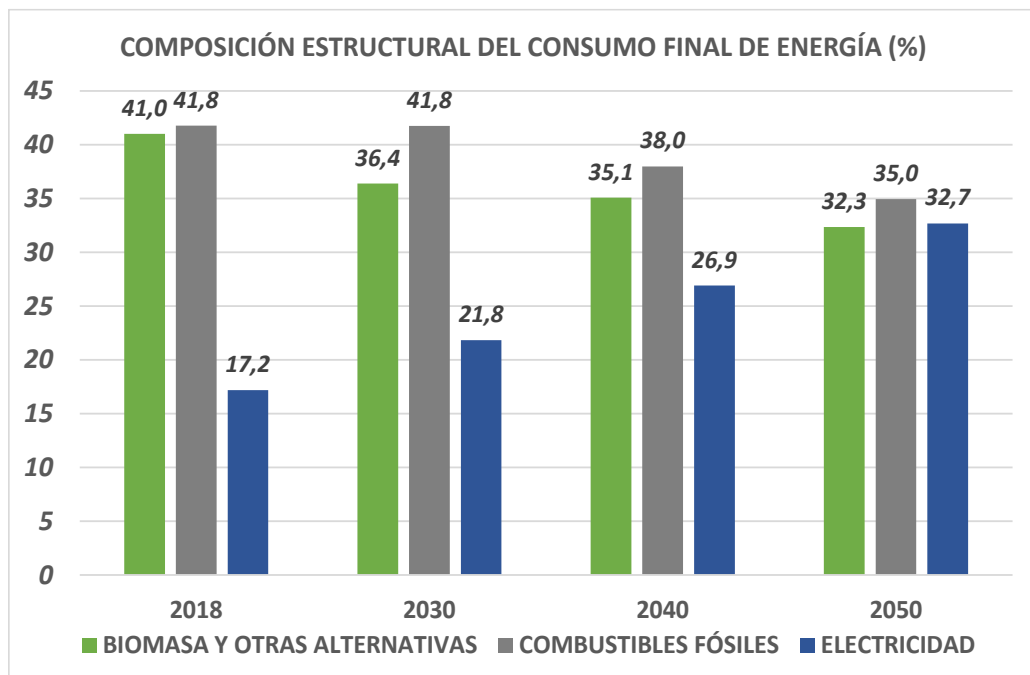
ESTRATO	CARACTERÍSTICAS Y ENERGÉTICOS QUE LO INTEGRAN
Biomasa y otras alternativas	<p>Incluye tanto la biomasa primaria y productos secundarios de la biomasa. Incorpora además otras fuentes alternativas renovables.</p> <p>Biomasa sólida: Leña, residuos vegetales, bagazo, carbón vegetal. En el caso de la leña, se refiere únicamente a la consumida directamente como energético. No incluye la leña para la producción de carbón vegetal. En el caso del bagazo, incluye el consumo total del mismo, incluso el consumido por autoprodutores de electricidad.</p> <p>Alcohol y biodiesel: Básicamente se refiere a las cantidades de estos productos destinados a las mezclas con derivados del petróleo como gasolina y diésel en el transporte automotor. Incluye además el alcohol combustible usado directamente en vehículos FLEX.</p> <p>Otras Alternativas: Energía solar térmica.</p>
Combustibles fósiles	<p>Básicamente productos secundarios como los derivados del petróleo. Incluye además cantidades marginales de carbón mineral.</p> <p>Diesel en transporte: Incluye únicamente el diésel utilizado en transporte automotor, tanto carga como pasajeros.</p> <p>Gasolina en transporte: Incluye toda la gama de gasolinas utilizada en transporte automotor tanto la destinada a mezcla como la consumida directamente. Incluye además la gasolina de aviación.</p> <p>Turbo jet: Se trata del combustible destinado a alimentar los motores de turbina de los aviones, generalmente comerciales. Incluye tanto vuelos domésticos como internacionales.</p> <p>Otros fósiles: Incluye GLP, fuel oíl, kerosene común, coque de petróleo y carbón mineral.</p>
Electricidad	<p>Incluye la electricidad servida por las empresas de servicio público. No incluye la electricidad generada por autoprodutores.</p>

De acuerdo con las hipótesis asumidas para este escenario, la demanda de energía al año 2030 estaría creciendo con una tasa media anual del 2,5 % y en el período total 2018 – 2050 con una tasa media anual del 2,3 %. Se destaca la tasa de crecimiento en el consumo de electricidad al año 2050 del 4,4 %, mientras que la tasa de crecimiento en los productos de la biomasa y otras alternativas alcanzaría el 1,6 % y para los combustibles fósiles estaría situada en 1,8 %. Considerando los niveles descritos, la demanda de energía para el año 2050 estaría en torno a 13.593,3 ktep.

El comportamiento descrito tiene un impacto notable en la composición estructural del consumo final de energía en Paraguay. Así, para el año 2050 la participación de los productos de la biomasa y otras alternativas en el consumo final decrecerá del 41,0 % al 32,3 %; la de los combustibles fósiles lo hará del 41,8 % al 35,0 % mientras que la participación del consumo de energía eléctrica en la matriz energética nacional se incrementará del 17,2 % en el año 2018 al 32,7 % para el año 2050.

DEMANDA FINAL DE ENERGÍA - ESCENARIO DE REFERENCIA							
- Miles de toneladas equivalentes de petróleo (ktep)							
	2018	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BIOMASA Y OTRAS ALTERNATIVAS	2.659,8	2.828,1	3.178,1	3.613,2	3.900,0	4.084,3	4.397,2
Biomasa sólida	2.507,2	2.598,9	2.764,2	2.944,9	3.090,7	3.037,3	3.117,5
Alcohol y Biodiesel	152,6	229,2	413,9	668,1	806,2	1.041,4	1.271,8
Otras Alternativas	0,0	0,0	0,0	0,1	3,0	5,6	7,9
COMBUSTIBLES FÓSILES	2.709,7	3.336,9	3.647,0	4.023,4	4.223,6	4.612,3	4.751,8
Diesel en Transporte	1.632,2	2.045,5	2.084,8	2.387,6	2.508,5	2.739,6	2.734,0
Gasolinas en Transporte	787,2	913,3	994,8	890,1	725,8	593,6	448,9
Turbo Jet	74,6	75,3	149,9	149,9	149,9	149,9	149,9
Otros fósiles	215,7	302,8	417,4	595,8	839,3	1.129,1	1.419,0
ELECTRICIDAD	1.115,0	1.538,9	1.906,5	2.399,4	2.992,5	3.656,9	4.444,3
TOTAL	6.484,5	7.703,9	8.731,6	10.036,0	11.116,0	12.353,4	13.593,3

FUENTE: Elaboración propia en base a resultados MAED



FUENTE: Elaboración propia en base a resultados MAED

Biomasa y otras alternativas: El comportamiento del consumo proyectado de la Biomasa y otras energías alternativas se corresponde con el incremento a lo largo del período de estudio de los niveles de actividad tanto productivos como servicios que la utilizan, al tiempo que ello se conjuga con las acciones y metas que se describieron en las hipótesis de este escenario, entre ellas: el desarrollo y promoción de tecnología eficiente en los diferentes usos de la biomasa sólida, el incentivo al uso de vehículos FLEX con el consiguiente incremento en la demanda de biocombustibles líquidos y los procesos de sustitución por otros energéticos más eficientes, particularmente la electricidad.

Las acciones y metas a las que se hizo referencia en el párrafo anterior junto a los avances tecnológicos en el uso de estos energéticos inciden en una reducción del consumo estimado para el año 2050 de un 66,4 % aproximadamente²¹.

²¹ La reducción en el consumo de estos productos se refiere a la relación entre el consumo resultante de MAED respecto al consumo que se obtendría para el año 2050 calculado a partir de asumir que se hubiese mantenido el mismo índice de consumo de biomasa y otras energías alternativas por unidad de Producto Interno Bruto que fue registrado en el año base 2018.

Combustibles fósiles: En el conjunto de energéticos que integran los combustibles fósiles en el año 2018 se destaca el diésel consumido en el sector transporte que representó el 60,2 % del estrato, teniendo además una alta incidencia en las emisiones de CO₂ en el sector de la energía.

Para el año 2050, el consumo de los energéticos que integran esta canasta crece básicamente debido al incremento en la actividad de transporte, efecto que es ralentizado por las acciones y medidas de gestión y planificación consideradas en las hipótesis del escenario, principalmente las relacionadas con los procesos de sustitución de combustibles fósiles por electricidad en determinados modos de transporte y una mayor penetración de los biocombustibles en mezclas con gasolina y diésel.

Un cálculo similar al realizado para la Biomasa y otros energéticos alternativos, indican que las medidas y acciones consideradas en las hipótesis del escenario para los combustibles fósiles, especialmente las referidas al sector de transporte, inciden en una reducción del consumo estimado para el año 2050 de un 52,7 % aproximadamente.

Electricidad: En contraste con el comportamiento observado en el caso de la Biomasa y otras alternativas y en el caso de los Combustibles fósiles, la electricidad pasa a ocupar un peso relevante en la composición estructural del consumo final de energía. Ello es resultado de las acciones en cuanto a la promoción de la sustitución de combustibles fósiles y otros por electricidad en aquellas actividades y usos en que ello resulta viable técnica y económicamente.

Para el año 2050, se proyecta que la demanda de electricidad a nivel nacional resulte 4 veces la registrada en el año 2018.

El sector de los Servicios se destaca por registrar la mayor tasa acumulada de crecimiento en el periodo 2018 – 2050 con el 3,9 % seguido del sector Industria con el 3,3 %. Los sectores de Transporte y Hogares comportan un crecimiento del 1,8 % y 1,5 % respectivamente.

DEMANDA FINAL DE ENERGÍA - ESCENARIO DE REFERENCIA							
- Miles de toneladas equivalentes de petróleo (ktep)							
	2018	2025	2030	2035	2040	2045	2050
INDUSTRIA	1.615,1	1.976,2	2.293,6	2.762,4	3.350,9	3.893,3	4.593,6
Manufactura	1.472,6	1.768,7	2.046,0	2.482,0	3.030,6	3.537,4	4.177,7
Agricultura, Construcción y Minería	142,5	207,4	247,7	280,3	320,3	355,9	415,9
TRANSPORTE	2.646,6	3.263,4	3.643,4	4.115,7	4.230,2	4.582,2	4.701,7
HOGARES	1.836,0	1.952,6	2.163,4	2.398,3	2.621,0	2.784,0	2.992,1
SERVICIOS	386,8	511,8	631,2	759,6	914,0	1.093,9	1.305,9
TOTAL	6.484,5	7.703,9	8.731,6	10.036,0	11.116,0	12.353,4	13.593,3

FUENTE: Elaboración propia en base a resultados MAED

De acuerdo con el comportamiento descrito, ganan participación en la composición estructural del consumo final de energía los sectores de Industria y Servicios, pasando el primero de ellos de representar el 24,9 % en el año 2018 al 33,8 % en el año 2050 y el segundo, de 6,0 % en 2018 al 9,6 % en el año 2050.

El comportamiento del consumo energético en ambos sectores puede ser explicado por el efecto del crecimiento de la actividad económica en los mismos. En el caso del sector Industria, la tasa acumulada de crecimiento para el período se sitúa en 4,1 %, mientras que para el sector de los Servicios es del 4,2 %.

Respecto a los sectores Transporte y Hogares, el comportamiento del consumo energético resulta diferente a lo descrito para los sectores Industria y Servicios. El sector Transporte reduce su participación en la composición estructural del consumo de energía de un 40,8 % en 2018 al 34,6 % en 2050, mientras que la participación en el consumo de los Hogares se reduce del 28,3 % al 22,0 %.

Analizando lo descrito en los dos párrafos anteriores, pudiera inferirse que, si bien las acciones, medidas y metas incorporadas como hipótesis en cuanto a la gestión de la demanda de energía tendrían un sustancial efecto en todos los sectores de consumo, éstas tendrían una mayor incidencia en los sectores del Transporte y en el consumo de los Hogares.

La Intensidad Energética a de la economía nivel nacional para el año 2050 se reduce en 1,8 % respecto al año 2018²².

3.2. Escenario Alternativo

Los resultados en cuanto a la corrida de MAED bajo el Escenario Alternativo responderán a las hipótesis descritas en la construcción de este. Recordemos que en este caso se consideran las mismas hipótesis socio económicas asumidas para el Escenario de Referencia, acompañadas de lo que se ha llamado una “mayor ambición” en lo que se refiere a metas relacionadas con la intensidad energética, el acceso a la energía de calidad, la reducción del impacto ambiental, el uso de fuentes alternativas de energía y la movilidad sostenible.

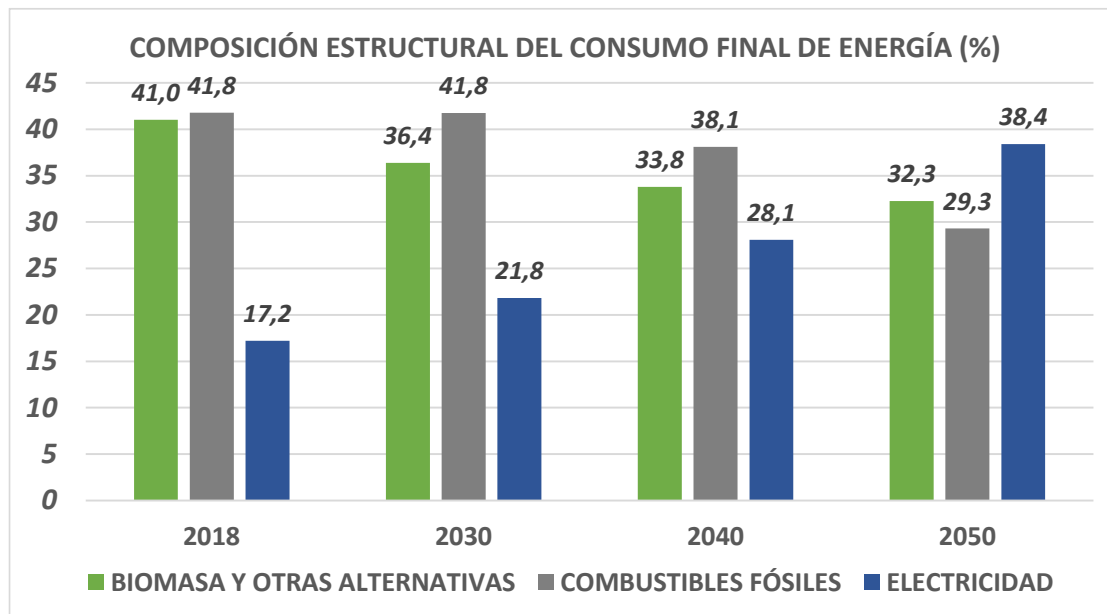
DEMANDA FINAL DE ENERGÍA - ESCENARIO ALTERNATIVO							
- Miles de toneladas equivalentes de petróleo (ktep)							
	2018	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BIOMASA Y OTRAS ALTERNATIVAS	2.659,8	2.828,1	3.177,6	4.164,1	3.703,9	3.926,6	4.164,1
Biomasa sólida	2.507,2	2.598,9	2.763,8	2.868,9	2.940,3	2.877,4	2.884,4
Alcohol y Biodiesel	152,6	229,3	413,9	668,1	760,6	1.043,6	1.271,7
Otras Alternativas	0,0	0,0	0,0	2,0	3,0	5,6	8,0
COMBUSTIBLES FÓSILES	2.709,7	3.336,9	3.647,2	4.053,9	4.177,3	4.308,7	3.781,8
Diesel en Transporte	1.632,2	2.045,5	2.084,8	2.387,6	2.508,5	2.739,6	2.734,0
Gasolinas en Transporte	787,2	913,3	994,8	890,1	725,8	593,6	448,9
Turbo Jet	74,6	75,3	149,9	149,9	149,9	149,9	149,9
Otros fósiles	215,7	302,8	417,6	626,2	793,0	825,6	448,9
ELECTRICIDAD	1.115,0	1.538,9	1.906,5	2.397,6	3.078,2	3.876,7	4.953,0
TOTAL	6.484,5	7.703,9	8.731,4	10.615,5	10.959,3	12.112,1	12.898,8

FUENTE: Elaboración propia en base a resultados MAED

Este escenario se destaca, entre otras, por una mayor agresividad en las acciones tendientes a incrementar la penetración de la energía eléctrica, básicamente en los hogares y en los sectores del Transporte y la Industria. Además de ello, se intensifican las acciones por incrementar los niveles de eficiencia energética y la incorporación de otras formas de energía en la composición de la matriz energética nacional como el gas natural para consumo final en la industria y los hogares del área metropolitana y las tecnologías del hidrógeno.

Lo descrito en el párrafo anterior inciden en la composición estructural del consumo de energía final para el año 2050, en la cual la electricidad ocupa el rol protagónico con el 38,4 % de participación.

²² La Intensidad Energética es un indicador que permite realizar previsiones del impacto energético que causaría el crecimiento de la economía de un país. Uno de los objetivos de la medición del indicador es la implementación de programas de eficiencia energética y tratar de desvincular el crecimiento económico con el aumento en el consumo energético. El indicador es calculado a valores constantes del PIB con un año base determinado. El consumo energético se calcula mediante el consumo final de la energía.



FUENTE: Elaboración propia en base a resultados MAED

Al igual que en el Escenario de Referencia, el sector de los Servicios se destaca por registrar la mayor tasa acumulada de crecimiento en el periodo 2018 – 2050 con el 3,8 % seguido del sector Industria con el 3,3 %. Los sectores de Transporte y Hogares comportan un crecimiento del 1,4 % cada uno.

DEMANDA FINAL DE ENERGÍA - ESCENARIO ALTERNATIVO
- Miles de toneladas equivalentes de petróleo (ktep)

	2018	2025	2030	2035	2040	2045	2050
INDUSTRIA	1.615,1	1.976,2	2.293,6	2.760,2	3.350,2	3.987,8	4.549,9
Manufactura	1.472,6	1.768,7	2.046,0	2.479,9	3.029,9	3.634,2	4.139,1
Agricultura, Construcción y Minería	142,5	207,4	247,7	280,3	320,3	353,5	410,8
TRANSPORTE	2.646,6	3.263,4	3.643,4	4.115,7	4.174,3	4.362,9	4.168,0
HOGARES	1.836,0	1.952,6	2.163,4	2.355,0	2.521,2	2.688,5	2.888,5
SERVICIOS	386,8	511,8	631,0	759,6	913,7	1.072,9	1.292,4
TOTAL	6.484,5	7.703,9	8.731,4	9.990,5	10.959,3	12.112,1	12.898,8

FUENTE: Elaboración propia en base a resultados MAED

De acuerdo con el comportamiento descrito, ganan participación en la composición estructural del consumo final de energía los sectores de Industria y Servicios, pasando el primero de ellos de representar el 24,9 % en el año 2018 al 35,3 % en el año 2050 y el segundo, de 6,0 % en 2018 al 10,0 % en el año 2050.

El comportamiento del consumo energético en ambos sectores puede ser explicado por el efecto del crecimiento de la actividad económica en los mismos. En el caso del sector Industria, la tasa acumulada de crecimiento para el período se sitúa en 4,1 %, mientras que para el sector de los Servicios es del 4,2 %.

En general el comportamiento del consumo a nivel sectorial en el Escenario Alternativo está marcado por causales similares a las analizadas para el Escenario de Referencia.

3.3. Resumen comparativo entre los escenarios de demanda y principales conclusiones.

A modo de resumen, se presenta un cuadro comparativo entre los resultados obtenidos para el Escenario de Referencia y el Escenario Alternativo.

VARIABLE / INDICADOR	U.M.	2018	TASA DE CRECIMIENTO ACUMULADA 2018 - 2050 (%)			
			ESCENARIO A 2050		ESCENARIO A 2050	
			REFERENCIA	ALTERNATIVO	REFERENCIA	ALTERNATIVO
CONSUMO FINAL		6.484,5	13.593,3	12.898,8	2,3	2,2
Biomasa y O. Alternativas	ktep	2.659,8	4.397,2	4.164,1	1,6	1,4
Combustibles fósiles		2.709,7	4.751,8	3.781,8	1,8	1,0
Electricidad		1.115,0	4.444,3	4.953,0	4,4	4,8
COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DEL CONSUMO FINAL		100,0	100,0	100,0		
Biomasa y O. Alternativas	%	41,0	32,3	32,3	-0,7	-0,7
Combustibles fósiles		41,8	35,0	29,3	-0,6	-1,1
Electricidad		17,2	32,7	38,4	2,0	2,5
COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DEL CONSUMO FINAL SEGÚN SECTOR DE CONSUMO		100,0	100,0	100,0		
Industria	%	24,9	33,8	35,3	1,0	1,1
Transporte		40,8	34,6	32,3	-0,5	-0,7
Hogares		28,3	22,0	22,4	-0,8	-0,7
Servicios		6,0	9,6	10,0	1,5	1,6
INTENSIDAD ENERGÉTICA DE LA ECONOMÍA		139,3	78,8	74,8	-1,8	-1,9
Biomasa y O. Alternativas		57,1	25,5	24,1	-2,5	-2,7
Combustibles fósiles		58,2	27,6	21,9	-2,3	-3,0
Electricidad	gep/ USD *	24,0	25,8	28,7	0,2	0,6
Industria		34,7	26,6	26,4	-0,8	-0,9
Transporte		56,9	27,3	24,2	-2,3	-2,6
Hogares		39,4	17,3	16,7	-2,5	-2,6
Servicios		8,3	7,6	7,5	-0,3	-0,3

* gramo equivalente de petróleo / dólar de PIB.

Principales conclusiones:

Tal como fue mencionado, la evaluación de las políticas públicas, estrategias nacionales, y los compromisos nacionales e internacionales, constituyeron la base sobre la cual se construyeron los escenarios de demanda. La ocurrencia a futuro de los resultados que muestra la corrida de MAED tanto para uno u otro resultado escenario dependerá de la capacidad en la implementación y gestión de las acciones que fueron consideradas en cada una de las hipótesis que sostienen estos escenarios.

Dentro del conjunto de los principales resultados obtenidos de MAED se tiene:

1. Destaca en ambos escenarios el incremento en el consumo de electricidad y los energéticos renovables, con mayor énfasis en el Escenario Alternativo.



2. En términos sectoriales, el consumo de energías alcanza un mayor protagonismo en el sector de la industria manufacturera, observándose al 2050 un retroceso en cuanto las energías a consumir por el sector transporte como resultado de los procesos de sustitución por electricidad, hidrógeno y biocombustibles líquidos.
3. La Intensidad Energética (consumo final total de energía por unidad de Producto Interno Bruto) muestra una reducción del 43,4 % en el Escenario de Referencia para el año 2050, en comparación con el año 2018, mientras que, para el escenario Alternativo, la Intensidad Energética se reduciría en un 46,3 %.
4. Destaca en este resultado la Intensidad del uso eléctrico (consumo total de electricidad por unidad de Producto Interno Bruto) la cual crece en 2050 en 7,6 % respecto a 2018 para el escenario de Referencia y en casi un 20 % para el caso del escenario Alternativo. Ello refleja la fuerte apuesta por promover el uso de la electricidad en la composición del mix de consumo energético nacional, principalmente en los sectores de la industria manufacturera, los servicios y el transporte.
5. Tanto en el escenario de Referencia como en el Alternativo, los sectores de mayor crecimiento en el consumo de energía son la industria manufacturera y los servicios, con tasas de crecimiento acumulada para el período del 3,3 % y 3,8 % respectivamente en ambos escenarios. Por otra parte, el sector hogares manifiesta una tasa de crecimiento interanual en torno al 1,5 % en ambos escenarios.
6. En el sector transporte, el de mayor aporte a las emisiones de GEI del sector energético en el caso de Paraguay, la tasa de crecimiento acumulada para el período del consumo energético se comporta apenas en torno al 1,8 % en el escenario de Referencia y al 1,4 % en el caso del escenario Alternativo, en correspondencia con las políticas diseñadas a fin de promover la penetración de la movilidad eléctrica (incluyendo la alimentación con hidrógeno) y continuar avanzando en el uso de los biocombustibles líquidos.
7. Los resultados obtenidos en el estudio tanto para el escenario de Referencia como en el escenario Alternativo revelan un decrecimiento al año 2050 respecto al 2018 en las emisiones de CO₂ por unidad de Producto Interno Bruto, que en el caso del de Referencia se situaría en torno al 68 %, mientras que en el caso del escenario Alternativo estarían alrededor del 73 %. En el caso específico del sector transporte, para el escenario Alternativo, las emisiones netas de CO₂ en el año 2050 estarían situadas en un 13 % por debajo de las registradas en el año 2018.

4. RESULTADOS DEL MODELADO DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA AL AÑO 2050.

4.1. Síntesis Teórica y Metodológica.

Tal como se mencionó en la sección “Breve Síntesis Teórica y Metodológica”, el modelo utilizado para la realización del estudio de prospectiva para el suministro de energía que se presenta es el MESSAGE (Modelo de Alternativas de Estrategia de Suministro de Energía y su Impacto Ambiental General).

Específicamente, *el MESSAGE combina tecnologías y combustibles para formar las denominadas “cadenas energéticas”, lo que permite representar los flujos energéticos desde la extracción de los recursos y la conversión de la energía (del lado del suministro) hasta la distribución y el suministro de los servicios energéticos (del lado de la demanda). Este modelo puede ser útil para diseñar estrategias de suministro de energía a largo plazo o para evaluar las opciones de política energética mediante el análisis de las canastas energéticas óptimas en términos de costos, las necesidades de inversión y otros costos para nueva infraestructura, la seguridad del suministro energético, la utilización de los recursos energéticos, la velocidad con que se implantan las nuevas tecnologías y las limitaciones ambientales.*²³

En el caso del presente estudio, solo se han considerado las opciones en cuanto al suministro de energía eléctrica, cuyo modelado corresponde a los objetivos que fueron establecidos en la implementación del proyecto RLA2017 “Apoyo a la elaboración de planes de desarrollo energético a nivel regional en América Latina y el Caribe (ARCAL CLXVI)” del Organismo Internacional de Energía Atómica

En concreto, el estudio que se presenta corresponde a los resultados obtenidos en cuanto al suministro de energía eléctrica con horizonte al año 2050 considerando año base el año 2018. En este estudio se presentan los resultados de un solo escenario de demanda, el correspondiente al “Escenario de Referencia”, el cual considera las tasas de crecimiento de la demanda según lo detallado en la sección “2.3. Descripción de los Escenarios”. Sin embargo, se están realizando estudios utilizando otros escenarios alternativos y utilizando regiones de cargas en función al comportamiento de nuestra demanda de energía eléctrica.

4.2. Parámetros principales del estudio.

Los principales parámetros técnicos que se tuvieron en cuenta para analizar y/o valorar las especificidades y condiciones del estudio son²⁴:

- El foco se centra en modelar el sistema eléctrico;
- El período de planificación es 2018-2050, la resolución se estableció pasos de 1 año hasta 2030 y en pasos de 5 años después 2030 en adelante.
- Todos los costos que se utilizan en el modelo están expresados en dólares estadounidenses.
- Tasa de descuento: 7,8%, valor acordado en el proyecto RLA2017

²³ Sinopsis del Organismo Internacional de Energía Atómica 2018/6

²⁴ Teniendo en cuenta que los resultados que se presentan en el estudio son en gran parte el producto de la implementación en Paraguay de un proyecto a nivel regional con la participación de 16 países, algunos de los parámetros utilizados en el modelado han tenido que ser ajustados de acuerdo con el consenso arribado entre los países participantes.

4.3. Regiones y curva de carga.

Para el modelado del suministro eléctrico fueron consideradas 6 temporadas, 1 día y 10 partes del día, como se indica en la tabla siguiente.

	Temp1	Temp2	Temp3	Temp4	Temp5	Temp6
Fecha de inicio	01-Ene	01-Mar	01-May	01-Jul	01-Sep	01-Nov
Días típicos	1	1	1	1	1	1
Partes del día	10	10	10	10	10	10

En referencia a las consideraciones de la demanda de electricidad para modelado de suministro, se utilizó la curva de carga correspondiente al año 2018, datos proporcionados por la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) y por otro lado se consideró la tasa de crecimiento de la demanda correspondiente al escenario de referencia resultante del software MAED.

4.4. Tecnologías y formas de energía

4.4.1. Cadena energética.

La primera aproximación al modelo MESSAGE, puede asociarse a un modelo de flujo físico. Partiendo de un vector de demandas de determinados bienes o servicios energéticos, el flujo debe asegurar un suministro suficiente, utilizando las tecnologías y recursos considerados por los planificadores.

En MESSAGE, el modelado de todos los pasos en los flujos de energía desde la oferta hasta la demanda, se denomina cadena energética y los pasos se denominan niveles.

El modelo parte de un marco flexible en el que se describe de manera detallada el sistema energético que se está modelando, en el caso del presente estudio, el suministro de energía eléctrica como forma de energía. Para la construcción y modelado de los flujos de energía en el estudio, han sido definidas:

- La forma de energía: electricidad.
- Las tecnologías que producen o utilizan esta forma de energía: Centrales de producción (Generación) existentes, en construcción, proyectadas y candidatas²⁵.

Tecnologías de producción:

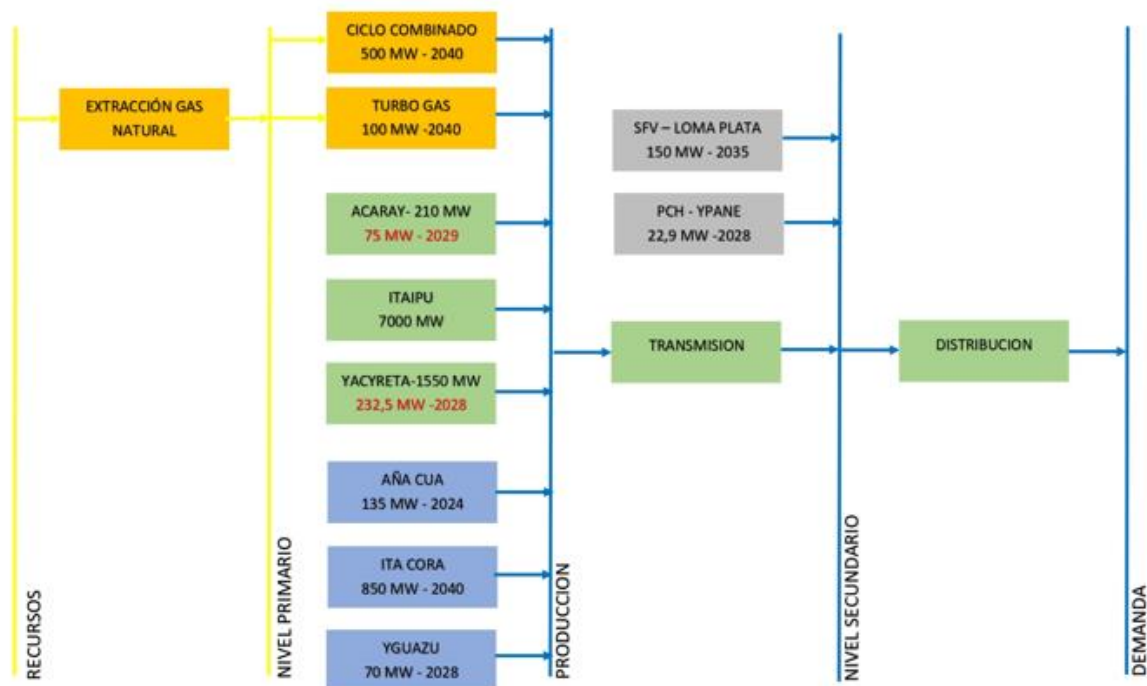
- 1) Central Hidroeléctrica Itaipú.
- 2) Central Hidroeléctrica Yacyretá.
- 3) Central Hidroeléctrica Acaray.
- 4) Central Hidroeléctrica Aña Cuá
- 5) Central Hidroeléctrica Presa de Yguazú
- 6) Central Hidroeléctrica Itatí –Itá Corá
- 7) PCH sobre el Río Ypané
- 8) Planta de Energía Solar Fotovoltaica en la localidad de Loma Plata
- 9) Central Térmica de Ciclo combinado (Gas Natural).
- 10) Central Térmica de Ciclo abierto (Gas Natural).

²⁵ Criterio de clasificación: En construcción: Tecnologías que en la fecha del estudio ya iniciaron su etapa constructiva. Proyectadas: Tecnologías que están proyectadas en la "Prospectiva Energética para la República del Paraguay 2013-2040" (2015), ITAIPÚ-PTI. Candidatas: Otras tecnologías registradas en el "Plan Maestro de Generación 2021-2040" (2021), ANDE.

Otras tecnologías:

- 1) Sistema de transmisión
- 2) Sistema de distribución
- 3) Extracción de Gas Natural

Como resultado de las formas de energía y tecnologías consideradas por los planificadores, se obtiene la siguiente cadena energética para el suministro de energía eléctrica:



Cadena de Energía. Elaboración Propia en base a MESSAGE.

4.4.2. Detalle de las Tecnologías de Producción (Generación)

Para el modelado del sistema eléctrico se han considerado en primer lugar las tecnologías existentes. Para las tecnologías futuras, se han planificado teniendo como premisa la Política Energética Nacional 2016-2040 y el Plan Maestro de Generación de la ANDE 2021-2040.

Las proyecciones del suministro para el escenario de Referencia plantean la necesidad de incorporar potencias para dar continuidad al margen de reserva que proporcione confiabilidad al sistema. Para ello se consideró la construcción de nuevas centrales eléctricas, las cuales se citan a continuación:

- 1) Central Hidroeléctrica Aña Cuá (actualmente en proceso de construcción). (135 MW para Paraguay)
- 2) Maquinización de la Presa Yguazú. (70 MW)
- 3) Ampliación de la Central Hidroeléctrica Yacyreta. (3 unidades adicionales de 155 MW cada uno)
- 4) Central Térmica de Ciclo combinado (500 MW)

- 5) Central Térmica de Ciclo abierto (100 MW)
- 6) Central Hidroeléctrica Itatí –Ita Corá (binacional con Argentina, 850 MW para Paraguay)
- 7) Ampliación de la central Hidroeléctrica Acaray en 75 MW
- 8) PCH sobre el Río Ypané (22.9 MW)
- 9) Planta de Energía Solar Fotovoltaica en la localidad de Loma Plata Chaco (150 MW)

A los fines de una mejor organización se clasificó a las tecnologías de la siguiente forma:

- Existentes
- En construcción
- Proyectadas
- Candidatas
- Racionamiento²⁶

A continuación, el cuadro muestra la lista de tecnologías consideradas en la modelación:

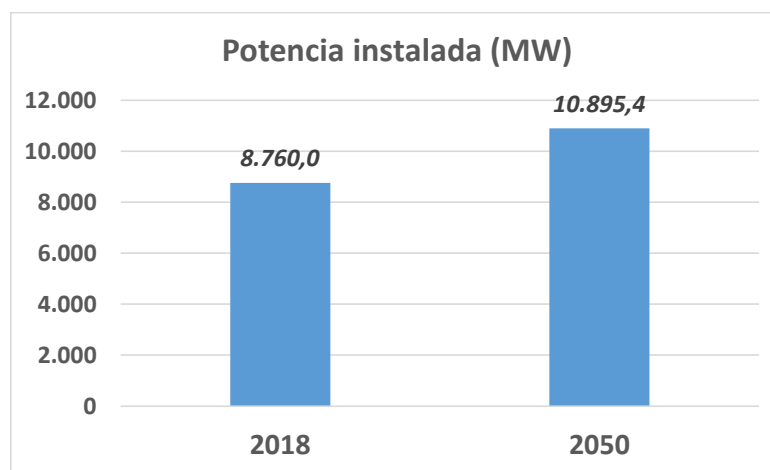
Clasificación	Función	Nomenclatura MESSAGE	Nomenclatura Coloquial	Combustible
Existente	Generación	EPHYDEXDAM_ACY_PY	Acaray	Hidroenergía
Existente	Generación	EPHYDEXDAM_IPU_PY	Itaipú	Hidroenergía
Existente	Generación	EPHYDEXDAM_EBY_PY	Yacyreta	Hidroenergía
Construcción	Generación	EPHYDNCDAM_AC_PY	Aña Cua	Hidroenergía
Proyectada	Generación	EPHYDNCDAM_YG_PY	Yguazu	Hidroenergía
Proyectada	Generación	EPHYDNCDAM_ITA_PY	Itati - Ita Corá	Hidroenergía
Proyectada	Generación	EPGASNCCC_PY	Ciclo Combinado	Gas Natural
Proyectada	Generación	EPGASNCOG_PY	Turbo gas	Gas Natural
Ficticia	Generación	Racionamiento	-	-
Candidata	Generación	EPHYDNUROR_YP_PY	Ypané	Hidroenergía
Proyectada	Generación	EPSOLNUPV_LP_PY	Loma Plata	Solar Fotovoltaica

²⁶ “Racionamiento” en el caso del suministro eléctrico, corresponde a una tecnología ficticia (por ejemplo, una central de generación) que crea el usuario de MESSAGE a los efectos de balancear y calibrar la entrada o salida de capacidades en función de las demandas que está proyectando cubrir. Finalizado el estudio, esta tecnología es eliminada.

La tecnología de racionamiento se modela con costos de operación altos de tal forma que suministre energía solo cuando las otras tecnologías de producción no cubren la demanda, esta es una forma de garantizar que el programa pueda correr.

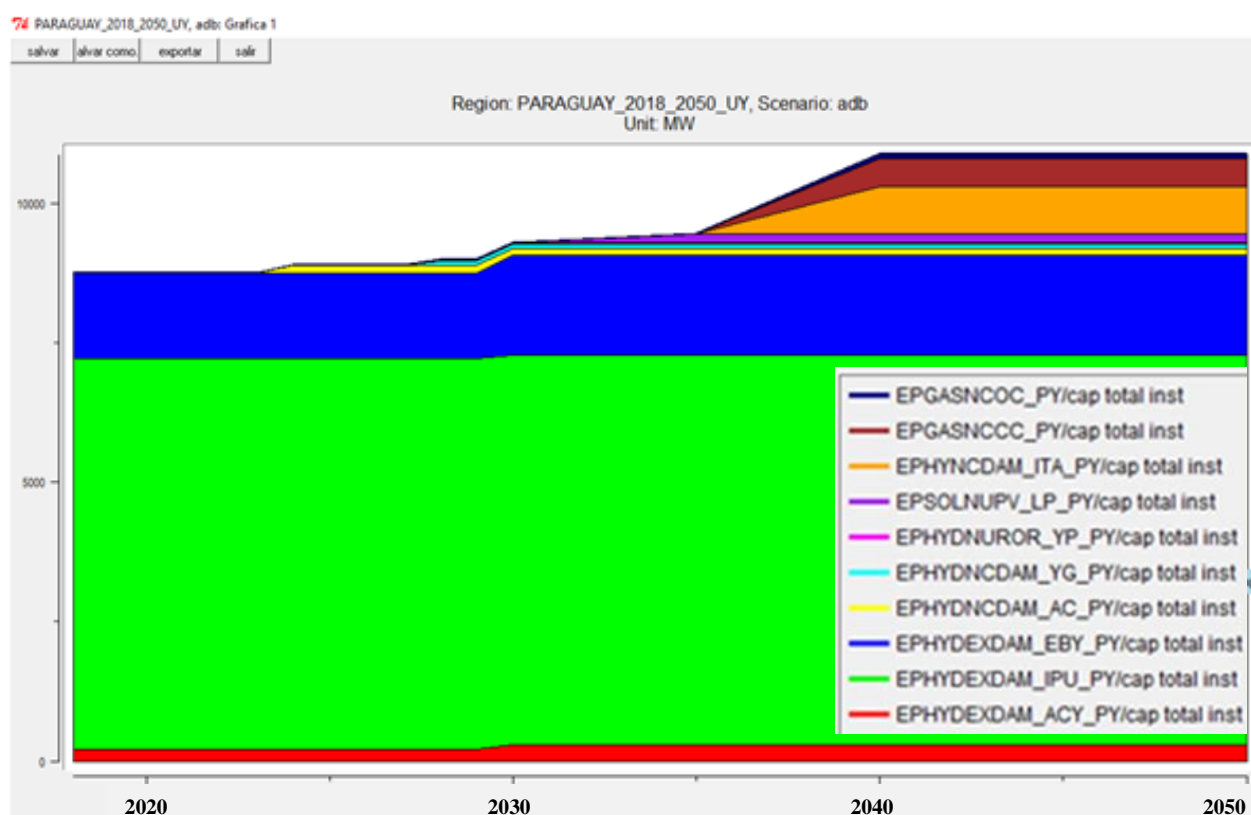
La potencia instalada del parque generador al inicio del periodo de estudio es de 8.760 MW, comprende la potencia de las 3 hidroeléctricas, la Central Hidroeléctrica Acaray (210 MW) y las Binacionales, Itaipú Binacional (7.000 MW) y la entidad Binacional Yacyretá (1.550 MW).

Al final del periodo de estudio, con las consideraciones hechas, la potencia instalada del parque generador asciende a 10.895,4 MW. Esto implica un 24,4% de incremento en la Potencia Instalada al inicio del periodo de estudio con relación al final de este.



Potencia instalada. Elaboración Propia en base a MESSAGE

A continuación, se muestra según el gráfico generado por MESSAGE²⁷, la incorporación de potencia instalada al parque de generación de energía eléctrica del 2018 al 2050 según los intervalos del estudio.



Fuente: Gráfico generado por MESSAGE












²⁷ La leyenda del gráfico se corresponde con la columna Nomenclatura MESSAGE presentada en el cuadro que muestra la lista de tecnologías consideradas en la modelación.

Una vez ejecutado el programa se obtuvieron los siguientes resultados, que se detallan en el cuadro que se presenta a continuación.

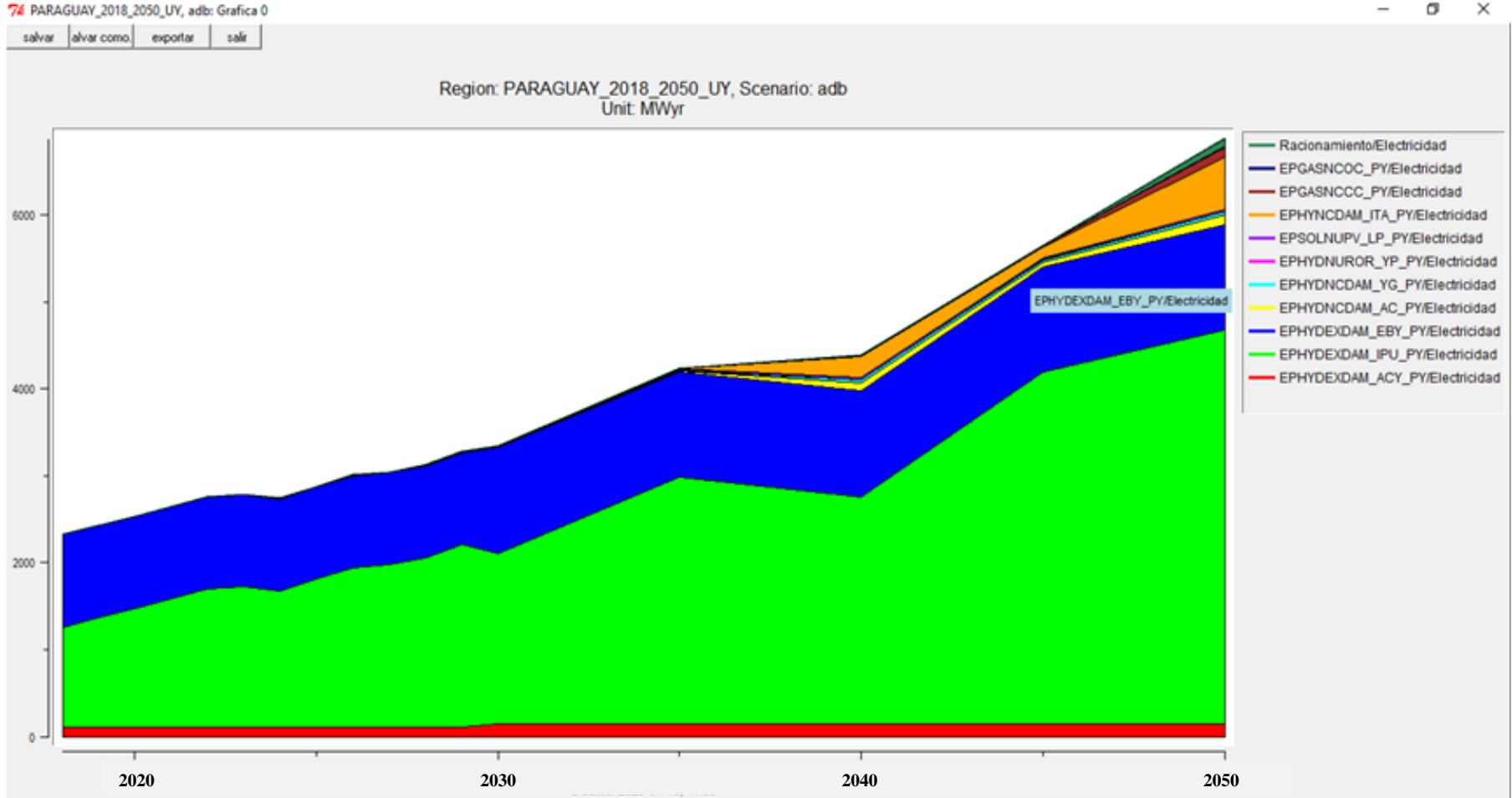
Region: PARAGUAY_2018_2050_UY, Escenarioadb												
Unidad: MWyr												
years	EPHYDEXDA M_ACY_PY/ Electricidad	EPHYDEXDA M_IPU_PY/ Electricidad	EPHYDEXDA M_EBY_PY/ Electricidad	EPHYDNCD AM_AC_PY/ Electricidad	EPHYDNCD AM_YG_PY/ Electricidad	EPHYDNUR OR_YP_PY/ Electricidad	EPSOLNUPV _LP_PY/ Electricidad	EPHYNCDA M_ITA_PY/ Electricidad	EPGASNCCC _PY/ Electricidad	EPGASNCO C_PY/ Electricidad	Racionamie nto/ Electricidad	Total
2018	103,28	1.155,91	1.057,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.316,42
2019	103,28	1.259,39	1.057,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.419,90
2020	103,28	1.367,75	1.057,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.528,26
2021	103,28	1.481,18	1.057,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.641,69
2022	103,28	1.599,96	1.057,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.760,47
2023	103,28	1.625,38	1.057,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.785,89
2024	103,28	1.572,16	1.057,23	3,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.736,44
2025	103,28	1.703,61	1.057,23	3,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.867,96
2026	103,28	1.841,23	1.057,23	3,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.005,66
2027	103,28	1.874,65	1.057,23	3,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.039,10
2028	103,28	1.951,09	1.057,23	4,26	1,84	10,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.128,01
2029	103,28	2.103,60	1.057,23	4,34	1,84	10,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.280,60
2030	140,16	1.970,96	1.215,82	3,49	1,82	10,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.342,56
2035	140,16	2.840,76	1.215,82	4,21	1,84	10,30	21,11	0,00	0,00	0,00	0,00	4.234,21
2040	140,16	2.620,93	1.215,82	92,88	28,38	10,30	21,11	236,37	10,90	0,97	0,00	4.377,84
2045	140,16	4.050,04	1.215,82	51,76	16,80	10,30	21,11	126,89	9,56	0,97	0,00	5.643,42
2050	140,16	4.533,61	1.215,82	111,78	31,50	10,30	21,11	592,80	116,18	13,59	96,89	6.883,75

Resultados obtenidos, suministro de Energía Eléctrica. Fuente Elaboración Propia en base a MESSAGE

Los comportamientos más relevantes de las centrales eléctricas en cuanto a los resultados se detallan en el siguiente cuadro:

Color de Referencia	Central de Generación	Comentarios
	Acaray	Suministra su energía de forma constante desde el inicio del periodo de estudio hasta el 2029 luego hay un incremento que se mantiene constante desde el 2030 al final del periodo de estudio.
	Itaipú	Suministra energía de forma variable con tendencia creciente desde el inicio del periodo de estudio hasta la finalización de este.
	Yacyretá	Suministra su energía de forma constante desde el inicio del periodo de estudio hasta el 2029 luego hay un incremento que se mantiene constante desde el 2030 al final del periodo de estudio.
	Aña Cua	Inicia a suministrar energía desde el año 2024, este suministro es variable con tendencia creciente hasta la finalización del periodo de estudio. Los despachos son mayores a partir del año 2040.
	Yguazú	Inicia a suministrar energía desde el año 2028, este suministro es variable con tendencia creciente hasta la finalización del periodo de estudio. Los despachos son mayores a partir del año 2040.
	Ypané	Inicia a suministrar energía desde el año 2028, este suministro constante hasta la finalización del periodo de estudio.
	Loma Plata	Inicia a suministrar energía desde el año 2035, este suministro constante hasta la finalización del periodo de estudio.
	Itatí - Itá Corá	Inicia a suministrar energía desde el año 2040, este suministro es variable con tendencia creciente hasta la finalización del periodo de estudio.
	Ciclo Combinado	Inicia a suministrar energía desde el año 2040, este suministro es variable con tendencia creciente hasta la finalización del periodo de estudio.
	Turbo gas	Inicia a suministrar energía desde el año 2040, este suministro es variable con tendencia creciente hasta la finalización del periodo de estudio.
	Racionamiento	Inicia a suministrar energía desde el año 2045, este suministro se produce debido a que las otras fuentes consideradas son insuficientes para satisfacer la demanda de energía.

Los resultados obtenidos junto a los comentarios del cuadro anterior se pueden apreciar según el gráfico generado por MESSAGE.



Suministro Total de Energía en el periodo 2018-2050. Gráfico generado por MESSAGE

4.4.3. Detalle de las Otras Tecnologías

Para el modelado del sistema eléctrico se han considerado en primer lugar aquellas tecnologías que garantizan el flujo de energía eléctrica desde las tecnologías de producción hasta el consumidor final: Sistema de Transmisión y Sistema de Distribución. Adicionalmente se consideró la tecnología correspondiente a la extracción de gas natural que posibilite la alimentación de las centrales térmicas que fueron incorporadas entre las opciones de las tecnologías de producción.

A continuación, el cuadro muestra la lista de tecnologías consideradas en la modelación:

Clasificación	Función	Nomenclatura MESSAGE	Nomenclatura Coloquial	Combustible
Existente	Trasmisión	ETELC_PY	-	-
Existente	Distribución	EDELC_PY	-	-
Proyectada	Recurso	XTGASNC_PY	Extracción Gas Natural	-

4.4.3.1. Tecnologías Sistema de Transmisión y Sistema de Distribución

Las Tecnologías de Transmisión y Distribución de energía eléctrica han sido modeladas a partir de parámetros que posibiliten que sus capacidades sean capaces de permitir con eficiencia el flujo de energía necesario para satisfacer la variabilidad de la demanda hasta el final del periodo de estudio.

- Pérdidas en el Sistema de Transmisión: En lo que respecta a las pérdidas en transmisión se ha considerado constante a lo largo de todo el periodo de estudio igual a 5%.
- Pérdidas en el Sistema de Distribución: Para la distribución se ha considerado variable a lo largo del periodo de estudio, para el año 2018 la pérdida considerada fue de 19%, disminuyendo al 16% para el año 2023, al 13% para el 2027 y al 10% para el 2030 y manteniéndose este valor constante hasta finalizar el periodo de estudio.

4.4.3.2. Tecnología Extracción de Gas Natural

En cuanto a las centrales termoeléctricas cuyo combustible es el Gas Natural de origen local, dada la incertidumbre actual sobre el nivel de las reservas del producto y la ausencia de estudios actualizados en cuanto a la posible ubicación de las centrales térmicas, se asumió la hipótesis de que las mismas se encuentran en boca de pozo. Estudios posteriores deberán abordar con más detalle el estudio de esta tecnología incluyendo, si fuera el caso, la entrada de gasoductos para la alimentación de las centrales.

4.5. Principales Conclusiones

De acuerdo con los resultados de la corrida de MESSAGE, se observa que la mayor parte de la demanda de energía eléctrica será cubierta hasta finales del periodo de estudio por las fuentes de hidroenergía Binacionales, Itaipú y Yacyretá, seguido de la Central Acaray. No obstante, como se observa en los resultados, a partir del año 2040 el modelo incorpora un gran proyecto binacional como lo es Itatí - Itá Corá e incorpora además las tecnologías térmicas en base a gas natural.

A pesar de las incorporaciones de las tecnologías mencionadas en el párrafo anterior para el año 2040 y de otros potenciales hidroeléctricos y solar fotovoltaico incorporados antes de 2040, el modelo da ingreso a la central de “Racionamiento” a partir de 2045. Recuérdese que la tecnología “Racionamiento” corresponde a una tecnología ficticia que crea el usuario de MESSAGE a los efectos de balancear las capacidades en función de las demandas a cubrir. El hecho de que MESSAGE de ingreso a esta tecnología significa que a partir del año 2045 el conjunto de las tecnologías existentes y las futuras que se han proyectado son insuficientes para cubrir la demanda.

Al respecto se concluye que:

1. Se hace necesario trabajar fuertemente en avanzar en el proyecto de la central hidroeléctrica binacional Itatí - Itá Corá lo cual debe ser abordado desde un ámbito institucional de manera conjunta con las autoridades de primer nivel de ambos países y el involucramiento de las distintas carteras del Estado competentes. Las gestiones en este sentido deben incluir las correspondientes con los organismos multilaterales para obtener la financiación adecuada.

Deberá revisarse y aprovecharse todo el material técnico y estudios acumulados por parte de la Comisión Mixta Argentino-Paraguaya del Río Paraná (COMIP), dando además la jerarquía que corresponde como proyecto estratégico.

2. La generación térmica se corresponde con los objetivos de la Política Energética Nacional, cuyo objetivo superior N° 3 establece cuanto sigue: *“Utilizar las fuentes nacionales de energía - hidroelectricidad, bioenergías y otras fuentes alternativas - e incentivar la producción de hidrocarburos, como recursos estratégicos para reducir la dependencia externa e incrementar la generación de mayor valor agregado nacional”*, además de representar una ventaja respecto a otras ya que brinda potencia firme al sistema eléctrico.

Al respecto, los expertos tuvieron en cuenta que el gas natural ha sido considerado como una alternativa de transición para un mundo que busca reemplazar el carbón, el petróleo y sus derivados con energía renovable. A medida que se construyen paneles solares y parques eólicos, el gas natural sería un sustituto en el uso de los combustibles más sucios. *“El gas natural es un combustible más limpio en el sentido de que su combustión produce menos contaminantes convencionales del aire, como dióxido de azufre y material particulado, en comparación con la combustión de carbón o petróleo. Su grado de contaminación depende de las características del combustible, la tecnología de combustión, qué tan bien se mantiene y opera el equipo, y otros factores”* ... *“En todo caso, siempre y cuando las emisiones de metano asociadas al gas natural estén bien gestionadas, no resulta ser tan problemático en términos de calentamiento global como lo son el carbón y el petróleo”*.²⁸

²⁸ Mark Radka, Jefe de la Subdivisión de Energía y Clima del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (12-01-2023). Consultado en <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/es-el-gas-natural-el-combustible-de-transicion-que-el-mundo>.



3. Considerando las conclusiones 1 y 2 junto a lo expresado en los dos párrafos de preámbulo que inician la sección 4.6. Principales conclusiones, se puede inferir que la no implementación de cualquiera de las tecnologías de suministro prevista en la corrida de MESSAGE significaría un adelantamiento en el ingreso de la tecnología de “Racionamiento” constituyéndose en un déficit en la capacidad para cubrir la demanda eléctrica proyectada.

Téngase además en cuenta que, debido a limitaciones logísticas en el desarrollo del estudio actual, el presente estudio de suministro de energía utilizando MESSAGE abarcó únicamente la satisfacción de la demanda resultante del escenario “de Referencia”. La demanda de energía eléctrica resultante del escenario “Alternativo” resulta superior, razón por la cual las dificultades para cubrir la misma se agudizarían, en la medida que el desarrollo socio-económico y el derrotero del sector energético se acercara a ese escenario Alternativo.

4. Si bien los excedentes de energía con los que se dispone actualmente (proveniente de las Hidroeléctricas Binacionales), podrá cubrir la demanda de energía, no es suficiente en el periodo considerado y bajo las condiciones del Escenario de Referencia. Por lo cual estos resultados son importantes para impulsar políticas de expansión desde el gobierno con el fin de poder satisfacer las demandas futuras. En síntesis, independientemente de la implementación de las tecnologías que han sido ingresadas en MESSAGE incluyendo las centrales existentes y las futuras, la corrida del modelo indica que se requerirá la entrada de otras nuevas fuentes para cubrir la demanda hacia finales del periodo de estudio.

5. EVALUACIÓN RESPECTO A COMPROMISOS NACIONALES E INTERNACIONALES ADQUIRIDOS POR EL PAÍS.

5.1. Resultados al año 2030 con relación a las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC).

En julio del año 2021 Paraguay presenta la actualización de la NDC de la República del Paraguay. En este contexto, Paraguay mantuvo el mismo nivel de ambición de mitigación, con el compromiso de reducir en 20% las emisiones proyectadas en el escenario BAU (Business as usual)²⁹ al 2030, correspondiendo el 10% a una fracción condicionada a la provisión internacional de los medios de implementación y el otro 10% a una fracción incondicionada, a partir del uso de sus propios recursos.

Tipo de Meta	Desviación de las emisiones con respecto a la línea base proyectada al 2030. "Desviación del escenario de Business as Usual"
Meta Global	20% de reducciones en base al comportamiento de las emisiones proyectadas al 2030. - <u>Meta Unilateral</u> : 10% de reducción de emisiones proyectadas al 2030 - <u>Meta Condicionada</u> : 10% de reducción de emisiones proyectadas al 2030

La meta descrita corresponde a una Meta Global, asumido por el conjunto de los sectores responsables de las emisiones. El aporte de cada sector al cumplimiento de la meta depende de las características y especificidades propias de cada uno.

En el caso del sector energético, ha de tenerse en cuenta la incidencia del crecimiento económico y lo que ello resulta respecto a la demanda de energía. La Elasticidad demanda energética respecto al PIB (EDi) se define como la relación entre la tasa de variación de la demanda energética, respecto a la tasa de variación del PIB. Ello permite identificar el grado de estabilidad que tiene el sector energético, respecto a variaciones en las condiciones económicas del país. Un índice alto de elasticidad, indica que pequeñas variaciones en el ingreso nacional del país producirán grandes variaciones en la demanda de energía, mientras que un índice pequeño de elasticidad, indica que la demanda de energía es un parámetro rígido respecto a la variación del ingreso³⁰.

Un cálculo realizado para el período 2010 – 2018 por parte de los expertos modeladores de la demanda, indican que la elasticidad promedio en el período señalado resultó $ED_{2010-2018} = 2,0$ ³¹. La literatura consultada considera que para $EDi > 1$, la variación entre ambas variables es más que proporcional. De lo anterior se deduce el logro en el cumplimiento de las metas trazadas en los NDC, particularmente en lo que se refiere al sector de la energía, pasa por aquellas acciones que tiendan a reducir el valor de la elasticidad de la demanda energética respecto al PIB.

El camino en la dirección señalada significa la implementación acciones que contribuyan a que el crecimiento económico dependa cada vez menos del uso de combustibles fósiles. Un cálculo similar al explicado en el párrafo anterior aplicado para el período 2019 – 2030 utilizando para ello las hipótesis en cuanto a la evolución del PIB considerada en la modelación con MAED y los resultados en cuanto a la demanda de combustibles fósiles en el Escenario de Referencia y en el Alternativo, resultan en un valor de la Elasticidad demanda energética de $ED_{2019-2030} = 1,6$; valor inferior al registrado en el período 2010 – 2018.

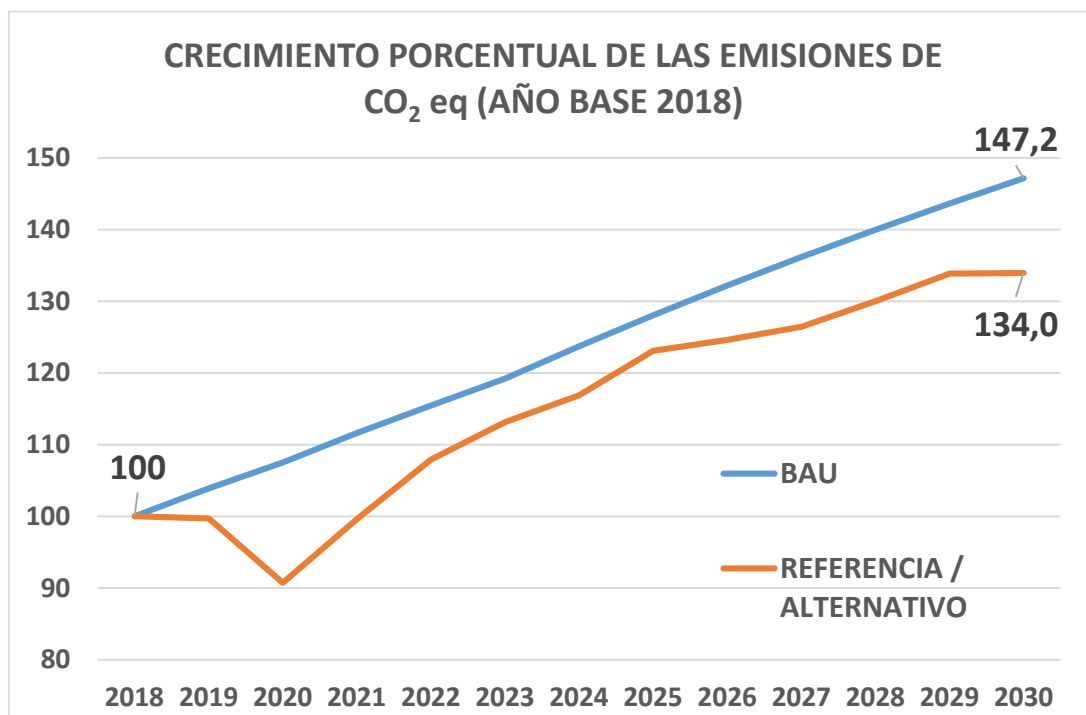
²⁹ Para detalles metodológicos, puede consultarse en 5.3 Escenarios BAU ("Business As Usual") del Paraguay al 2030 (Pág. 81). *Actualización de la NDC de la República del Paraguay* (julio 2021). MADES.

³⁰ Manual de Estadística Energética 2017. 2da Edición, mayo 2017; Quito, Ecuador. página 124.

³¹ Para el cálculo de EDi se consideró únicamente el consumo registrado de combustibles fósiles, por ser estos los que tienen una incidencia directa en las emisiones de GEI del sector energía.

En referencia al crecimiento de las emisiones al 2030 respecto al año base 2018, los resultados obtenidos a partir de MAED tanto en el Escenario de Referencia como en el Escenario Alternativo³², indican que éste estaría 13,2 puntos porcentuales por debajo del crecimiento porcentual esperado según el escenario BAU.

Respecto a la magnitud en términos absolutos de las emisiones de GEI para el año 2030, el valor estimado tanto en el Escenario de Referencia como en el Escenario Alternativo a partir de los resultados obtenidos de MAED, registran un decrecimiento de 16,9 % por debajo del valor esperado según el escenario BAU.



FUENTE: Elaboración propia.

BAU - Actualización de la NDC de la República del Paraguay

REFERENCIA / ALTERNATIVO - Cálculos estimados en base a resultados de MAED

Los expertos participantes en el presente estudio consideran que los resultados del modelado de la demanda de energía al año 2030 bajo las hipótesis que han sido consideradas y teniendo en cuenta las características propias del sector energía, son coherentes con la Meta Global contenida en la Contribución Nacional de la República del Paraguay.

³² El cálculo para las emisiones de GEI obtenidas a partir del resultado de la demanda de energía de MAED, constituyen estimados aproximados del nivel de emisiones elaborados por los expertos que modelaron cada escenario. En ese estimado se consideró únicamente las emisiones de CO₂, excluyendo CH₄, N₂O. Como referencia, en el INGEI para el año 2017 publicado en IBA-3, el CO₂ representó el 91,3 % de las emisiones totales del sector.

Para el cálculo de las emisiones se utilizó el Enfoque de Referencia (Método de Referencia) partiendo de la demanda total de combustibles fósiles según la desagregación por forma de energía obtenida de MAED.

5.2. Resultados al año 2030 en relación con el Plan Nacional de Desarrollo y a la Política Energética Nacional.

El Plan Nacional de Desarrollo PARAGUAY 2030³³ identifica la transformación de la matriz energética nacional como uno de los mayores retos.

“Transformar la matriz de consumo es uno de los mayores retos en el sector energético. A pesar de ser un país eminentemente productor de energía hidroeléctrica, solo el 19% del total de la energía que se consume proviene de esta fuente, mientras que el resto se obtiene de la biomasa y de los combustibles derivados del petróleo, este último, proveniente exclusivamente de la importación. El mayor consumidor de combustibles derivados del petróleo es el sector transporte, explicado mayormente por un incremento en la demanda ante el rápido crecimiento del parque automotor en los últimos quince años. Este último punto requiere de una atención diferenciada en el centro de la agenda pública, debido no solo a la fuga de divisas que representa el consumo nacional de combustibles fósiles, sino por los factores negativos sobre la salud humana y el medio ambiente ante las emisiones de gases de efecto invernadero y material particulado generados por su uso en el transporte principalmente”³⁴.

Recordemos que, al describir los escenarios de demanda utilizados en el estudio, identificamos a estos con los paradigmas del desarrollo energético sostenible, y su orientación hacia el logro de las metas y objetivos que ello significa, sustentados en un conjunto de instrumentos básicos entre los cuales se cita el Plan Nacional de Desarrollo 2030.

Al precisar sobre las características generales consideradas para el Escenario de Referencia, se especificó que éstas se fundamentan en un conjunto de hipótesis que proyecta el futuro del sector energético, asumiendo aquellas acciones ya instrumentadas o aquellas con una relativa confianza en su nivel de implementación. En cuanto al Escenario Alternativo, las hipótesis que le sustenta son las mismas especificidades generales de los condicionamientos y metas incorporados en el Escenario de Referencia, concebidas a partir de una “mayor ambición” en cuanto a sus metas. Ni en uno ni otro caso se trata de escenarios que pudieran catalogarse de “deseables”, que serían aquellos en el que se cumplen todos los objetivos y metas trazadas. Un escenario deseable puede ser posible, pero no necesariamente realizable.

Seguidamente se presenta un análisis en cuanto al cumplimiento de un conjunto de los principales objetivos vinculados al sector energía contenidos en el PND 2030, a partir de los resultados del presente estudio de prospectiva energética:

Objetivo Específico 1.4.3. Universalizar el acceso a la energía eléctrica con calidad en el servicio.

NÚMERO	INDICADOR	META PND 2030	PROYECCIÓN MAED
1.4.3.1	Porcentaje de la población con acceso a energía eléctrica.	100	99,7

Los resultados de MAED predicen bajo las condiciones actuales, un cumplimiento técnicamente factible de la meta trazada en el objetivo. Ampliando respecto a los resultados del estudio actual, se especifica que en particular para el sector de la población urbana la meta del 100 % se estaría cumpliendo.

³³ Plan Nacional de Desarrollo PARAGUAY 2030 (PND 2030). Avances y Actualización 2021. Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social (STP).

³⁴ PND 2030.

Objetivo Específico 2.3.3 Incrementar la participación del consumo de electricidad para uso industrial

NÚMERO	INDICADOR	META PND 2030	PROYECCIÓN MAED
2.3.3.1	Porcentaje del consumo de electricidad en el consumo final total de energía del sector industria.	22	22,9

Tanto en el Escenario de Referencia como en el Alternativo, la meta en este objetivo se cumple, incluso antes del período señalado, alrededor del año 2027.

Objetivo Específico 2.4.2 Desarrollar una matriz energética sostenible.

NÚMERO	INDICADOR	META PND 2030	PROYECCIÓN MAED
2.4.2.1	Porcentaje del consumo total de energía hidroeléctrica respecto al consumo final total de energía.	28	21,8
2.4.2.2	Porcentaje del consumo total de biomasa respecto al consumo final total de energía.	42	36,4
2.4.2.3	Porcentaje del consumo total de energía fósil respecto al consumo final total de energía.	30	41,8

Respecto al indicador 2.4.2.1, si bien los resultados del estudio evidencian un crecimiento de alrededor del 27,0 % en la penetración de la electricidad (energía producida por las centrales hidroeléctricas) en la composición estructural del consumo final de energía, éste es aún insuficiente para alcanzar la meta trazada. De acuerdo a los resultados del estudio, la meta trazada podría estar alcanzándose entre los años 2035 – 2040.

En el caso del indicador 2.4.2.2, la meta establecida parte de un decrecimiento en cuanto a la participación de los productos de la biomasa en la composición del consumo final. De acuerdo al PND 2030, en el año 2012, la biomasa representaba el 46 % de la demanda total de energía. Los resultados del estudio prevén una participación menor que la meta, alrededor del 36,4 %, impulsada por procesos de sustitución de biomasa por electricidad en la industria y los hogares.

Respecto al uso de la biomasa para la cocción en los hogares, hay que agregar que la meta es coherente además con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), en específico con la Meta 7.1 “De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos”, cuyo indicador de medición está especificado como “Proporción de la población cuya fuente primaria de energía consiste en combustibles y tecnología limpios”.

A los efectos mencionados en el párrafo anterior, el indicador establecido por Naciones Unidas se centra en el combustible primario utilizado para cocinar, clasificado como combustible sólido o no sólido, donde los combustibles sólidos se consideran contaminantes y no modernos, mientras que los combustibles no sólidos se consideran limpios. Bajo estas premisas, la leña y el carbón vegetal utilizados por los hogares en la cocción de alimentos se consideran contaminantes y no modernos.

En el análisis de la meta correspondiente al indicador 2.4.2.3, se evidencia que las acciones emprendidas hasta la fecha son insuficientes para el cumplimiento de la meta. La demanda de combustibles fósiles está determinada básicamente por la demanda del sector transporte. La demanda de este sector sigue siendo alta, el parque automotor en base a combustibles fósiles continúa incrementándose y los procesos de sustitución por electricidad en algunos modos de transporte aún no entran en fase de maduración.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDE, "Plan Maestro de Generación 2021-2040", 2021
- ANDE, "Plan Maestro de Transmisión 2021-2030", 2021
- ANDE, "Plan Maestro de Distribución 2021-2030", 2021
- BCP, "Anexo Estadístico del Informe Económico 19-06-2023", 2023
- INE, "Población: Proyección de la Población Nacional (Revisión 2015)", 2015
- INE, "Hogares: Encuesta Permanente de Hogares 2018", 2019
- ITAIPÚ-PTI, "Balance Nacional en Energía Útil 2011", 2014
- ITAIPÚ-PTI, "Prospectiva Energética para la República del Paraguay 2013-2040", 2015
- MADES, "Tercer Informe Bienal de Actualización sobre Cambio Climático (IBA 3)", 2021
- MADES, "Actualización de la NDC de la República del Paraguay", 2021
- OIEA, "Manual del Usuario - MAED", 2007
- OIEA, "User Manual (DRAFT) - MESSAGE", 2007
- OLADE, "Manual de Estadísticas Energéticas", 2017
- OLADE, "Manual de Planificación Energética", 2017
- ONU DAES, "Recomendaciones Internacionales para las Estadísticas de Energía (IRES)", 2016
- STP, "Plan Nacional de Desarrollo PARAGUAY 2030. Avances y Actualización", 2021
- VMME-MOPC, "Balance Energético Nacional 2018", 2019
- VMME-MOPC, "Balance Energético Nacional 2020", 2021
- VMME-MOPC, "Estudio de Prospectiva Energética 2015 – 2050", 2020
- VMME-MOPC, "Plan Nacional de Eficiencia Energética de la República de Paraguay", 2014
- VMME-MOPC, "Política Energética de la República del Paraguay 2040", 2016



ESTUDIO DE PROSPECTIVA ENERGÉTICA 2018 - 2050
Dirección de Recursos Energéticos (DRE) – Viceministerio de Minas y Energía (VMME). Ministerio
de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC).

Contacto: Lic. Daniel E. Puentes Albá
Departamento de Planificación y Estadísticas
E. Mail: dpuentes@ssme.gov.py Telf: 670924 / 673325