

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS RESPECTO AL CRECIMIENTO DE
LAS ENERGÍAS NO CONVENCIONALES EN EL ECUADOR PARA
EL AÑO 2030.**

**PROSPECTIVA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES NO
CONVENCIONALES EN EL ECUADOR PARA EL AÑO 2030**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

BYRON ADRIÁN PÁEZ VERA

byron.paez@epn.edu.ec

DIRECTOR:

ING. JOSÉ LUIS PALACIOS ENCALADA Ph. D.

jose.palacios@epn.edu.ec

DMQ, agosto 2023

CERTIFICACIONES

Yo, BYRON ADRIAN PAEZ VERA declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

BYRON ADRIÁN PÁEZ VERA

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por BYRON ADRIÁN PÁEZ VERA, bajo mi supervisión.

JOSÉ LUIS PALACIOS ENCALADA

DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

ADRIÁN PÁEZ

JOSÉ LUIS PALACIOS ENCALADA

DEDICATORIA

A mis padres Xavier y Viviana, que me han enseñado que hay que trabajar duro para lograr los objetivos, por seguir ahí a pesar de las diversas circunstancias.

A mis hermanas Alisson y Camila, por su amor incondicional, su compañía en los momentos de alegría y tristeza que hemos vivido.

A mis queridos amigos, por haber hecho amena la etapa universitaria, cada risa, cada momento compartido, los llevaré siempre en mí.

A las personas que me acompañaron en el proceso, pero que por circunstancias de la vida nuestros caminos ya no coinciden, gracias por haber hecho mi vida más linda.

A mi familia en general, abuelos, tíos, primos, que de manera directa o indirecta han formado parte de este logro.

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica Nacional, por haber permitido que no solamente me forme para el mundo laboral, sino como ser humano.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica, donde viví muchos momentos increíblemente gratos.

A mi director, José Luis Palacios, a quien considero un gran docente, por toda la paciencia en el desarrollo de este proyecto y los conocimientos transmitidos.

A mi familia, por la paciencia y su amor incondicional a pesar de todas las circunstancias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivos específicos	3
1.3. Alcance	3
1.4. Marco teórico	3
2. METODOLOGÍA	4
2.1. Matriz energética actual del Ecuador	6
2.2. Demanda energética:	7
2.3. Generación de energía eléctrica:	8
2.4. Uso de Energías Renovables No Convencionales en Ecuador:	9
2.5. Energías Renovables y No Renovables:	10
2.6. Tipos de Energías Renovables:	10
2.7. Energías Renovables No Convencionales	11
2.7.1. Energía Solar:	11
2.7.2. Energía Eólica:	11
2.7.3. Energía del Mar:	11
2.7.4. Energía Minihidráulica:	12
2.7.5. Energía Geotérmica:	12
2.7.6. Hidrógeno Verde:	12
2.7.7. Biomasa:	13
2.8. Importancia de la Energía Renovable	13
2.9. Importancia de las Energías Renovables No Convencionales para el Ecuador	14
2.10. Análisis de ventajas y desventajas de las diferentes fuentes de energías renovables.	15
2.10.1. Energía Solar:	15
2.10.2. Energía Eólica:	16
2.10.3. Biomasa:	17

2.10.4.	Energía Geotérmica:	17
2.10.5.	Hidrógeno verde:	18
2.10.6.	Minihidráulica:	19
2.11.	Energías Renovables No Convencionales en Ecuador:	19
2.11.1.	Potenciales estimados-instalados de Energías Renovables No Convencionales en Ecuador.	19
2.11.2.	Potenciales estimados de Energías Renovables No Convencionales en Ecuador aún no explotados	27
2.12.	Planificación energética:	28
2.12.1.	Planificación energética de Ecuador a futuro:	29
2.12.2.	Planificación energética con respecto a ERNC:	30
2.13.	Estrategias para implementar en materia de ahorro y eficiencia energética:	33
2.14.	Herramientas informáticas que existen para el establecimiento de escenarios energéticos:	34
2.14.1.	OSeMOSYS (Open Source Energy Modelling System):	34
2.14.2.	LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System):	35
2.14.3.	SAME (Simulación y Análisis de la Matriz Energética):	36
2.15.	Construcción de Escenarios Energéticos:	36
2.15.1.	Oferta:	37
2.15.2.	Demanda:	38
3.	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
3.1.	Resultados	39
3.1.1.	Oferta:	39
3.1.2.	Demanda:	48
3.1.3.	Comparación de escenarios:	52
3.2.	Conclusiones	54
3.3.	Recomendaciones	55
4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
5.	ANEXOS	59
	ANEXO I.	59
	ANEXO II.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama de flujo de la metodología.	5
Figura 2.2. Oferta de energía primaria 2021.....	6
Figura 2.3. Evolución de la producción de energía primaria (KBEP)	6
Figura 2.4. Oferta energética secundaria.....	7
Figura 2.5. Demanda Energética Nacional	8
Figura 2.6. Evolución de la Potencia Instalada.	8
Figura 2.7. Generación eléctrica por fuente	9
Figura 2.8. Evolución de la producción de ERNC.....	10
Figura 2.9. Interfaz del programa OSeMOSYS.....	35
Figura 2.10. Interfaz del software (LEAP).....	36
Figura 2.11. Interfaz software SAME	36
Figura 3.1. Matriz Energética Primaria Escenario BAU para los años 2021-2025-2030	39
Figura 3.2. Matriz Energética Secundaria Escenario BAU para los años 2021-2025-2030.....	40
Figura 3.3. Oferta de ERNC Escenario BAU 2018-2030.....	41
Figura 3.4. Matriz Eléctrica BAU 2021-2025-2030	42
Figura 3.5. Generación de energía mediante Biomasa.....	42
Figura 3.6. Matriz Energética Primaria EIM de ERNC para los años 2021-2025-2030.....	43
Figura 3.7. Matriz Eléctrica EIM de ERNC para los años 2021-2025-2030.....	43
Figura 3.8. Biomasa por tipo	44
Figura 3.9. Evolución de ERNC 2018-2030	45
Figura 3.10. Matriz Energética Primaria EIA de ERNC para los años 2021-2025-2030.....	46
Figura 3.11. Matriz Eléctrica EIA de ERNC para los años 2021-2025-2030	47
Figura 3.12. Biomasa por tipo	47
Figura 3.13. Evolución de ERNC 2018-2030.....	48
Figura 3.14. Demanda Energética Sector Transporte.....	49
Figura 3.15. Demanda Energética Sector Industrial.....	50
Figura 3.16. Demanda Energética Sector Residencial	51
Figura 3.17. Demanda Energética Sector Comercial-Servicios-Otros	52
Figura 3.18. Comparación de la Oferta de ERNC vs Demanda Energética.....	52
Figura 3.19. Comparación de la Oferta Escenario BAU, Medio y Alto	53
Figura 3.20. Comparación de la Oferta Escenario BAU, Medio y Alto vs Importación Energética.	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Análisis de ventajas y desventajas de la energía solar.....	15
Tabla 2.2. Análisis de ventajas y desventajas de energía eólica	16
Tabla 2.3. Análisis de ventajas y desventajas de biomasa	17
Tabla 2.4. Análisis de ventajas y desventajas de geotermia	18
Tabla 2.5. Análisis de ventajas y desventajas de Hidrógeno verde.....	18
Tabla 2.6. Análisis de ventajas y desventajas de minihidráulicas.....	19
Tabla 2.7. Insolación global para las diferentes provincias del Ecuador	20
Tabla 2.8. Potencia de generación eléctrica por provincia	21
Tabla 2.9. Potencial eólico estimado en Ecuador	22
Tabla 2.10. Potencial eólico instalado en Ecuador	22
Tabla 2.11. Potencial de Biomasa estimado en Ecuador.....	23
Tabla 2.12. Potencial de Biomasa instalado en el Ecuador	23
Tabla 2.13. Potencial de minigeneración eléctrica estimada en el Ecuador	24
Tabla 2.14. Potencia instalada de fuentes minihidráulicas en el Ecuador.....	26
Tabla 2.15. Potencia estimada de Hidrógeno verde en el Ecuador	27
Tabla 2.16. Potencia estimada de fuentes Geotérmicas en el Ecuador.....	28
Tabla 2.17. Proyectos de energía solar próximos a entrar en funcionamiento	31
Tabla 2.18. Proyectos de energía geotérmica próximos a entrar en funcionamiento	31
Tabla 2.19. Proyectos de energía eólica próximos a entrar en funcionamiento	31
Tabla 2.20. Bloques de ERNC próximos a entrar en funcionamiento	32
Tabla 2.21. Proyectos de energía minihidráulica próximos a entrar en funcionamiento ..	32
Tabla 2.22. Proyectos de hidrógeno verde próximos a entrar en funcionamiento	33

RESUMEN

En el presente trabajo se procedió a realizar un análisis de la Prospectiva Energética del Ecuador enfocado a Energías Renovables No Convencionales para el año 2030, esto encauzado principalmente en la oferta energética, dentro de la cual se plantean dos escenarios además del Escenario BAU, los cuáles son Escenario de Incorporación Media (EIM) y Escenario de Incorporación Alta (EIA), estos dos varían entre sí en las diferentes fuentes energéticas que son introducidas. Estos escenarios son comparados también con la demanda y las importaciones de los diferentes energéticos para dicho año a partir de las variaciones presentadas de manera histórica de al menos diez años, además de compararlos entre sí. Para obtener dichos resultados se procede a usar el software SAME y con la ayuda de Excel se obtienen gráficas que permiten tener una mejor lectura de los resultados.

PALABRAS CLAVE: prospectiva, energías renovables no convencionales, escenarios, oferta, demanda.

ABSTRACT

In this work, an analysis of the Energy Prospective of Ecuador focused on Non-Conventional Renewable Energies for the year 2030 was carried out, this mainly focused on the energy supply, within which two scenarios are proposed in addition to the BAU Scenario, which are Medium Incorporation Scenario (EIM) and High Incorporation Scenario (EIA), these two vary from each other in the different energy sources that are introduced. These scenarios are also compared with the demand and imports of the different energy sources for that year based on the variations presented historically for at least ten years, in addition to comparing them with each other. In order to obtain these results, the SAME software is used and with the help of Excel, graphs are obtained that allow a better reading of the results.

KEYWORDS: prospective, non-conventional renewable energies, scenarios, supply, demand.

1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La matriz energética ecuatoriana al igual que varios países latinoamericanos cuenta con diversas fuentes de generación de energía. Ésta tiene una capacidad de generación de 200 millones de BEP, de las cuales el 88% viene del petróleo, el 5% de gas natural, 4% hidráulica, 2% de productos de caña, 1% de leña, y apenas el 0.03% de otras fuentes primarias como energía solar, eólica, etc (MEM, 2022).

En el año 2021 en términos generación eléctrica el 78.5% provino por parte de hidráulica, el 18.8% de parte térmica, y apenas el 1.2% por biomasa (biogás, etc.), 0.2% de manera eólica, 0.1% solar y el 1.1% por interconexión (MEM, 2022).

Asimismo, se estima que se importan aproximadamente un poco más de 4000 productos derivados del petróleo. Entre los más solicitados para la generación de energía se encuentran Diésel, Gasolinas, GLP, Fuel Oil, Jet fuel, etc. Además, que entre los años 2007-2020 la importación de gasolina, Diésel y GLP representó una inversión aproximada de 51.360 millones de dólares (Llanez Suárez, 2022).

Según el modelo de Hubbert, el cual es usado para predecir cual es la tasa de producción de cualquier recurso que sea finito en el tiempo como los hidrocarburos y minerales se ha determinado que el pico de extracción de petróleo está entre 196 y 215 MMBBL (millones de barriles de petróleo) y se alcanzaría entre los años 2014 a 2025. Esto implicaría que el Ecuador se convertirá en un importador neto de crudo entre los años 2024 a 2035 (Espinoza , Fontalvo , Martí-Herrero, & Ramírez, 2019).

El Ecuador en el año 2021 como consecuencia de la generación mediante energías renovables presentó una disminución de emisiones de CO_2 en el país. Según la Comisión Técnica que determina los Factores de Emisión de gases de efecto invernadero (CTFE) entre el año 2014 al 2021 se redujo de 5922 kilotoneladas de CO_2 a 1204 kilotoneladas de CO_2 emitidas al ambiente respectivamente, es decir, una reducción de un poco más del 20% en un aproximado de 7 años. Dicho logro fue resultado de un uso eficiente del Sistema Nacional Interconectado (SNI) y la correcta implementación de las energías renovables (MEM, 2022). Esto se puede evidenciar gracias al factor de emisión de CO_2 , el cual es una herramienta que permite cuantificar la reducción de las emisiones de CO_2 aplicada el SNI (Haro Estrella, 2022).

Otro ejemplo del cambio de modelo en la matriz energética eléctrica es que en el año 2022 se venció el plazo para la presentación de propuestas al proyecto correspondiente al bloque de energías renovables no convencionales con una potencia de 500 MW (ERNC I) con interés y propuestas por parte de la inversión privada. El ERNC I consta de cuatro sub - bloques de energías renovables como son la biomasa, eólica, pequeñas hidroeléctricas y fotovoltaica, el cual busca generar un aproximado de 2119 MWh anuales, supliendo la demanda emergente de energía al país (MEM, 2022).

Uno de los objetivos del Plan Maestro de Electricidad del Ecuador es estimular el aumento de la diversificación de la matriz energética nacional con otras fuentes de energías limpias. Actualmente el Ecuador tiene una matriz eléctrica de alrededor del 92% en energías renovables mayoritariamente hidroeléctrica y para el año 2030 el objetivo es llegar a ser 100% renovable. Se busca así que para el año 2031 se tenga una capacidad instalada de 6074 MW, de esto se espera que 2000 MW sea mediante energías renovables no convencionales y 5500 MW sean con energías renovables convencionales (Energía Estratégica, 2021).

La necesidad del Ecuador para la toma de decisiones sobre el futuro energético del país obliga la realización del este trabajo donde se muestran las diferentes opciones energéticas que tiene el Ecuador para el año 2030 basándose en la información bibliográfica disponible, analizando las diferentes fuentes, potenciales y proyectos existentes. Para ello es importante determinar la planificación energética que tiene el país en cara al futuro y proponer que escenarios pueden resultar de la toma de decisiones oportunas para lograr cubrir la demanda energética creciente y a su vez descarbonizar la matriz energética ecuatoriana.

1.1. Objetivo general

Realizar una prospectiva de la oferta de Energías Renovables No Convencionales en el Ecuador para el año 2030.

1.2. Objetivos específicos

1. Recopilar y sintetizar información bibliográfica de la situación energética actual y a futuro del Ecuador.
2. Investigar sobre los diferentes tipos de Energías Renovables No Convencionales y contrastar cuáles están siendo tomadas en cuenta para ser implantadas en el país.
3. Examinar la planificación energética que tiene el Ecuador a futuro.
4. Plantear al menos dos escenarios de oferta energética con la implementación de los diferentes tipos de energías no convencionales en el país.
5. Comparar dichos escenarios planteados con la demanda y la importación energética.

1.3. Alcance

En el presente Proyecto de Integración Curricular se plantea analizar la importancia de las Energías Renovables No Convencionales y el impacto que estas pueden llegar a tener en la matriz energética nacional. Además, se realiza un breve análisis de la situación energética actual con los datos más reciente.

Para ello se empieza a recopilar información bibliográfica sobre las tendencias nacionales con respecto a la oferta energética, la demanda y las importaciones de energía, a su vez que se plantean dos escenarios de integración de ERNC, tomando en cuenta cuál de estas podría tener el impacto más significativo. Se toma en cuenta los proyectos que tiene el Ecuador hasta el año 2030 de acuerdo con fuentes oficiales.

Este estudio permite analizar el nivel actual de oferta energética ya que con ello se podrá comprender cómo cambiará el panorama energético para el futuro.

La finalidad de esta investigación es realizar un análisis del presente y futuro de la oferta principalmente y la demanda de las energías renovables no convencionales en el país y así establecer una dirección para una visión más clara del futuro energético del Ecuador.

1.4. Marco teórico

El crecimiento poblacional, el desarrollo económico, la urbanización, entre otras ha sido el causante de que en el mundo cada vez exista una mayor demanda en el sector energético. La Agencia Internacional de la Energía (Castro, 2011) ha planteado dos escenarios hipotéticos con respecto a la situación energética mundial para el mediano y el largo plazo. El primer escenario se lo conoce como 'escenario de referencia o principal', el cual indica que la demanda mundial con respecto a energía primaria se verá incrementada en 1.5% anual entre los años 2007 y 2030. El segundo escenario se lo conoce como 'Escenario 450', en el cual se estima que la demanda energética aumentará un 0.8% anual.

Esto ha obligado a buscar diferentes soluciones que sean lo más amigables posibles con el

planeta. El caso de Ecuador no es diferente al del resto del mundo y por ello es importante tomar en cuenta diferentes alternativas al uso de las energías convencionales y energías renovables no convencionales. La energía en este caso se vuelve un insumo importante para poder cumplir los requerimientos energéticos diarios como es por ejemplo la climatización de edificios, procesos industriales, funcionamiento de dispositivos eléctricos y electrónicos, así como también en la industria de la construcción y el transporte, entre otros (MEM, 2022).

Lo anteriormente mencionado puede ser más evidente si se toma en cuenta cifras del consumo energético por habitante. Si se analiza entre el año 2011 y el 2021, es decir un periodo de 10 años, se puede ver un incremento del consumo energético de aproximadamente el 1.9%, pasando de aproximadamente $5.17 \frac{BEP}{hab}$ a $5.27 \frac{BEP}{hab}$ (MEM, 2022).

También se puede hacer un breve análisis con respecto a la matriz energética del Ecuador. En el mismo periodo de tiempo de 10 años, desde el 2011 al 2021, la mayor fuente de energía fue la fósil, encabezada principalmente por el petróleo, mientras que la producción de energía mediante fuentes renovables para el mismo periodo de tiempo presentó un crecimiento del 87.6%, mayormente debido el crecimiento de las fuentes hidroeléctricas (MEM, 2022).

Por lo tanto, en este proyecto se busca plantear más alternativas con respecto a ERNC que aún no son explotadas como por ejemplo la geotermia y entre otras alternativas que se pueda dar para tener una prospectiva energética más clara del Ecuador en el año 2030.

2. METODOLOGÍA

En la primera etapa de la metodología, se procede a buscar y recopilar información actualizada en fuentes nacionales sobre la situación actual del Ecuador en materia energética, examinando de manera general la demanda y el consumo energético de los diferentes sectores. Además, se define y diferencia qué son las energías renovables convencionales y no convencionales, así como clasificar y definir los tipos de energías renovables no convencionales. Con el propósito de lograr esto se respalda la importancia de las energías renovables no convencionales con un análisis de ventajas y desventajas de las principales fuentes de generación de ERNC.

En la segunda etapa se realiza una compilación bibliográfica sobre la potencia instalada y el potencial estimado de ERNC, así como una revisión de los proyectos más importantes que podrían sumarse a la generación de energía que se encuentran en proceso de estudio.

En función de la información de las fuentes más actualizadas disponible se describe cuál es la planificación energética que tiene el Ecuador de cara al futuro.

Posterior a ello se establecen qué estrategias en materia política el país puede implementar para el ahorro de energía y eficiencia energética.

En la etapa final, se busca plantear al menos dos escenarios energéticos a partir de la integración de ERNC para el 2030. Para ello se realiza una revisión de herramientas informáticas que están disponibles para el establecimiento de dichos escenarios energéticos.

Dichos pasos mencionados en los párrafos anteriores se encuentran resumidos en la Figura 2.1, que se muestra a continuación:

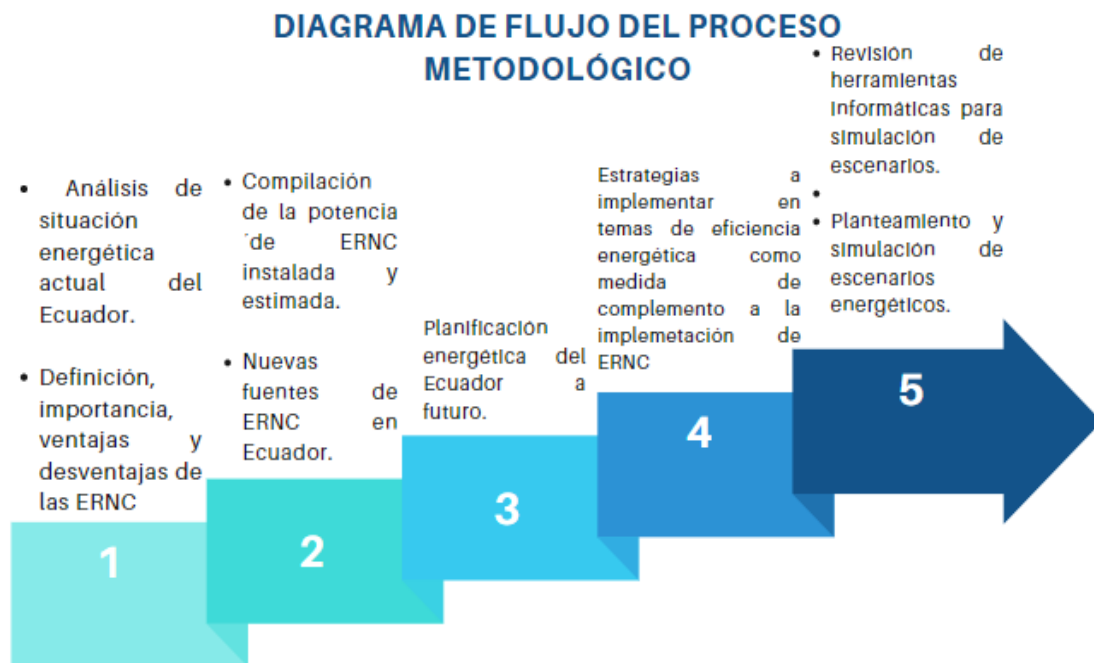


Figura 2.1. Diagrama de flujo de la metodología.
(Fuente Propia)

Desde el año 2011 al 2021 el Ecuador ha venido incrementando su consumo total de energía, de 73901 KBEP hasta 89341 KBEP, respectivamente.

En el 2021, la situación energética del Ecuador se caracterizó por una disminución en la producción de petróleo y una creciente dependencia de las importaciones de combustibles para satisfacer la demanda interna de energía. El petróleo ha sido históricamente la principal fuente de ingresos del país y su producción ha disminuido en los últimos años debido a la caída de los precios del petróleo, falta de inversiones en el sector, inestabilidad política, pandemia, etc. El gobierno ecuatoriano ha estado implementando medidas para diversificar su matriz energética, con el objetivo de reducir su dependencia del petróleo y fomentar el uso de fuentes renovables de energía. Entre estas medidas se encuentran incentivos fiscales para proyectos de energía renovable y la implementación de programas de eficiencia energética. En cuanto a la generación de energía eléctrica, el Ecuador cuenta con una capacidad instalada de aproximadamente 8734 MW, de los cuales el 58.5% proviene de fuentes hidroeléctricas, seguido de 39.2% combustibles fósiles y 2.3 % de otras energías renovables

(MEM, 2022). Sin embargo, la generación hidroeléctrica se ha visto afectada por la disminución en las precipitaciones en los últimos años, lo que ha llevado a un aumento en la generación térmica y, por ende, en el costo de la electricidad (MEM, 2022).

2.1. Matriz energética actual del Ecuador

De acuerdo con el Balance Energético Nacional, para el año 2021, año del cual se posee la información más actualizada, hubo una producción total de 201 millones de BEP, la cual representa la cantidad de energía primaria total producida. De dicho total, el 85.8 % aproximadamente provino del petróleo, 9.8 % por energías renovables (entre convencionales y no convencionales) y 4.4 % del gas natural. Esto se detalla en la Figura 2.2 que se muestra a continuación (MEM, 2022):

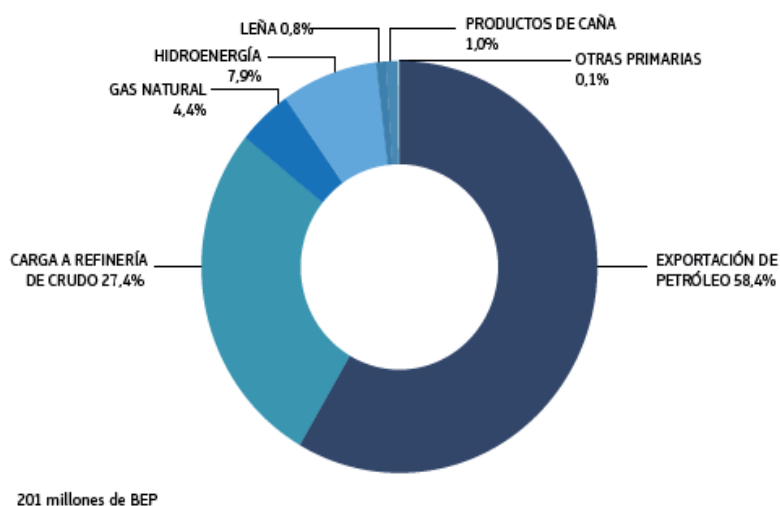


Figura 2.2. Oferta de energía primaria 2021 (MEM, 2022).

Tomando en cuenta un periodo de 10 años para el análisis del histórico energético del Ecuador, el cual es un tiempo prudente, es decir del año 2011 al año 2021, se puede ver que el petróleo ha sido y es la fuente que mayor aporta a la producción de energía primaria en el Ecuador, tal como se muestra en la Figura 2.3 (MEM, 2022):

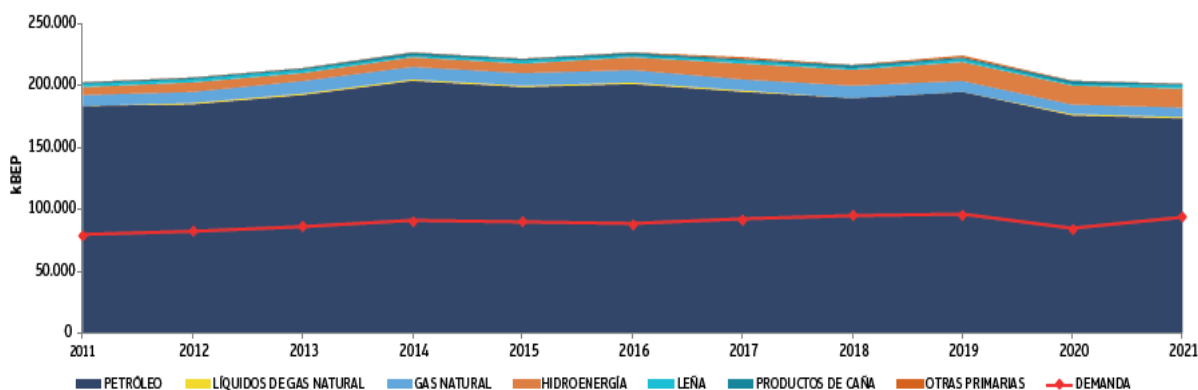


Figura 2.3. Evolución de la producción de energía primaria (KBEP) (MEM, 2022).

En el año 2014 alcanzó un máximo histórico con una producción de 203 millones de BEP, donde el promedio de la producción anual ha sido de 190 millones de BEP. Además, se puede ver que las energías renovables convencionales y no convencionales han tenido un aporte menor de energía. Esto no quiere decir que las energías renovables no han crecido en este periodo, es más, la producción de energía renovable experimentó un crecimiento de aproximadamente 87.6% en dicha década. Es importante puntualizar que el crecimiento de la producción de energía renovable fue principalmente debido a las fuentes hidroeléctricas de gran escala.

Así mismo hablando de energía secundaria, de la cual se tuvo una producción aproximada de 77 millones de BEP, para el año 2021, se puede observar que el energético que tiene mayor oferta es el Fuel Oil con 29.2%, seguido de la electricidad con un 26% aproximadamente y con un 16.4% el Diésel, tal como se muestra en la Figura 2.4:

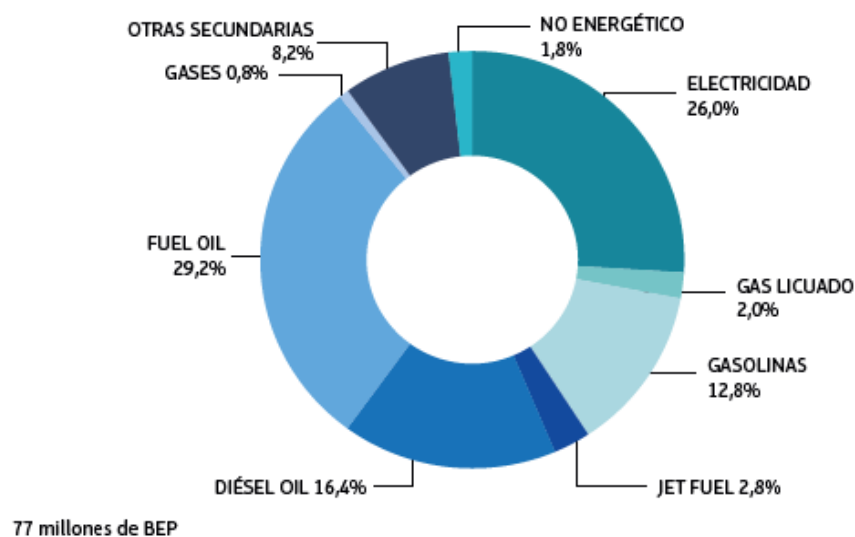


Figura 2.4. Oferta energética secundaria (MEM, 2022).

2.2. Demanda energética:

Con respecto al consumo energético del país en el periodo 2011-2021, la demanda de energía eléctrica se ha incrementado un 18.5%.

En el año 2021 la demanda total de energía fue de 93 millones de BEP. El 48.9% provino del sector transporte, el 17.4% del sector industrial y el 13.9% del sector residencial; es decir, la mayor parte de la demanda energética provino del sector transporte, lo cual se muestra en la siguiente Figura 2.5 (MEM, 2022):

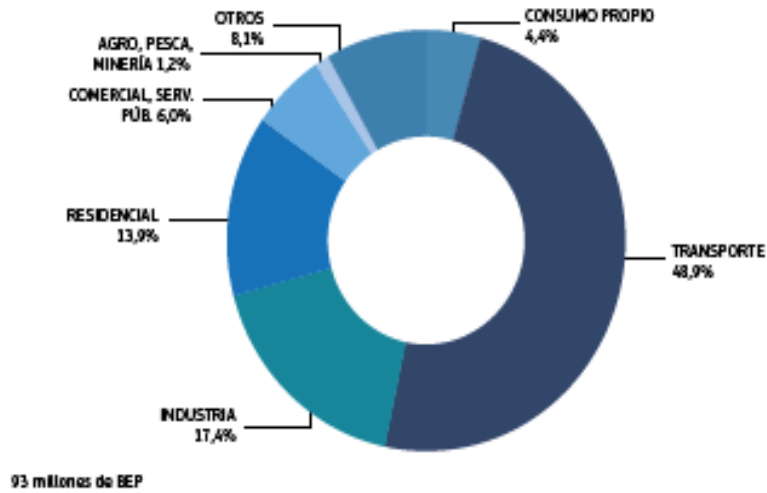


Figura 2.5. Demanda Energética Nacional (MEM, 2022).

El energético más solicitado es el Diésel, con un requerimiento del 31.2 % de la demanda total de energía consumida, seguido por la gasolina con un 28.2%, el GLP con 10.6% y la electricidad con un 18.1% (MEM, 2022).

2.3. Generación de energía eléctrica:

Entre el año 2011 y 2021, la capacidad de generación eléctrica instalada pasó de 5181 MW a 8734 MW, es decir hubo un incremento de un 68.6 %, Cómo se muestra en la Figura 2.6 a continuación (MEM, 2022):

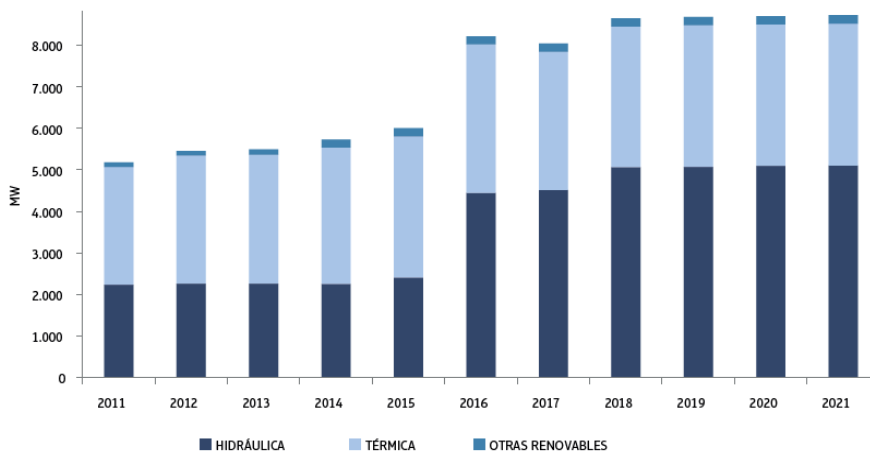


Figura 2.6. Evolución de la Potencia Instalada (MEM, 2022).

La oferta de energía eléctrica se ha incrementado en un 49.1% entre 2011-2021. Para el año 2021 se tuvo una generación eléctrica del 78.5% de hidroeléctricas, 18.8% de fuentes térmicas 1. 5% proveniente de otras fuentes cómo se muestra en la Figura 2.7 (MEM, 2022):

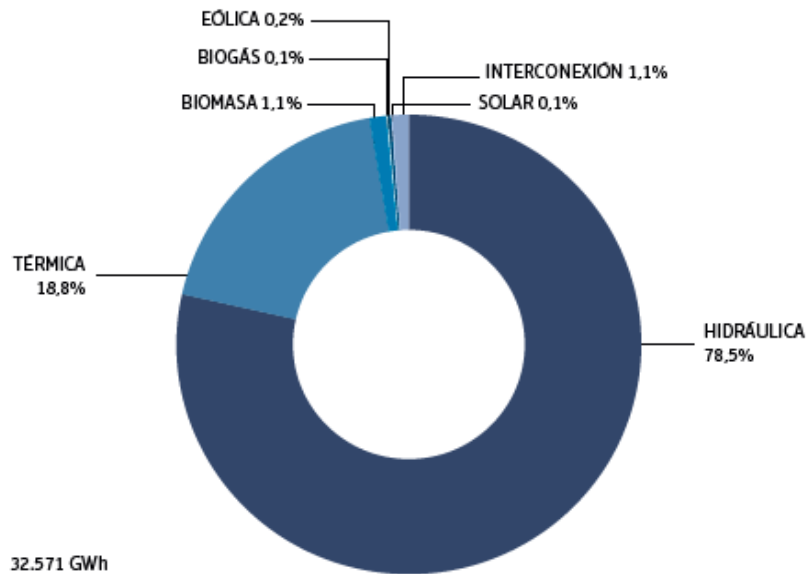


Figura 2.7. Generación eléctrica por fuente (MEM, 2022)

2.4. Uso de Energías Renovables No Convencionales en Ecuador:

La mayor producción de energía proveniente de fuentes renovables no convencionales proviene de leña y el bagazo de caña de azúcar. Entre 2011 y 2021, se incrementó la producción usando como fuente de energía bagazo de caña en un 40.96% y se redujo producción de energía proveniente de leña en un 28.76%. Así mismo, la producción de energía por otras fuentes tales como el biogás, eólica y solar paso de 2 KBEP a 214 KBEP (MEM, 2022).

Del total de producción de bagazo de caña de azúcar (1.5 millones de toneladas aproximadamente), se usó el 68% en la parte industrial, 20.3% para la generación de energía eléctrica y el restante 11.7% en destilería (MEM, 2022), en la Figura 2.8 se observa dicha evolución:

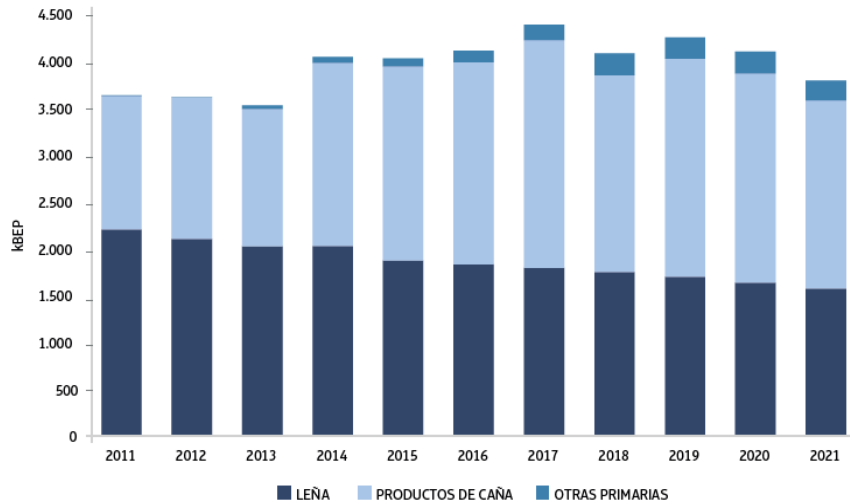


Figura 2.8. Evolución de la producción de ERNC (MEM, 2022).

2.5. Energías Renovables y No Renovables:

Se define como Energía Renovable a aquella energía que se puede obtener mediante las diferentes fuentes naturales que se pueden considerar inextinguibles, ya sea porque tienen una gran capacidad de recuperarse naturalmente o por la gran cantidad energética que estas poseen (Spiegeler & Cifuentes , 2009).

En contraste con estas se encuentran los conocidos como Energías No Renovables. Estas se caracterizan por ser limitadas, es decir, el ritmo de uso afecta significativamente al ritmo de regeneración. Entre estas se encuentran los Combustibles Fósiles (carbón, petróleo y gas natural) (Vivanco , 2020).

2.6. Tipos de Energías Renovables:

Dentro de las energías renovables se encuentran dos clasificaciones, estas pueden ser convencionales y no convencionales, esto en función del nivel de desarrollo de las tecnologías que permiten su aprovechamiento y que tan predominantes son en el mercado energético (Ministerio de Energía Chile, 2015).

Las Energías Renovables Convencionales, por mencionar el ejemplo más evidente, se encuentran la energía hidráulica a gran escala, mientras, en las energías renovables no convencionales está la geotermia, la minihidráulica (considerada así hasta 20 o 50 MW), la biomasa, energía de los mares, el biogás, la solar, la eólica, etc (Revista Electroindustria, 2005).

2.7. Energías Renovables No Convencionales

Las energías renovables no convencionales más conocidas son:

2.7.1. Energía Solar:

El Sol se encuentra constantemente emitiendo una potencia de aproximadamente 600 kW por m^2 (Arancibia Bulnes & Best y Brown, 2010). Este tipo de energía renovable se la considera inagotable; así el objetivo es aprovechar la radiación electromagnética que proviene de dicha estrella.

En función de la forma de aprovechamiento de la energía se puede clasificar en dos tipos de tecnología (Peláez Samaniego & Espinoza Abad, 2015):

- **Energía Solar Pasiva:** Este tipo de tecnología se encarga de usar la energía solar sin transformarla en otro tipo, independientemente si es para mantenerla almacenada o darle un uso de manera inmediata.
- **Energía Solar Activa:** Este tipo de tecnología está muy introducida en el mercado energético. En 2012 generaron un aproximado de 227.8 TWh en el mundo, evitando la emisión de 79.1 millones de toneladas de CO_2 .

2.7.2. Energía Eólica:

La energía del sol en forma de radiación produce calentamiento en la Tierra, lo cual tiene un efecto en las moléculas de aire, generando cambios de presión y temperatura a lo largo del planeta. Debido a este fenómeno, añadido el efecto de la rotación que tiene la Tierra sobre su propio eje, se produce las corrientes de aire (Iñesta Burgos & García Fernández, 2002).

2.7.3. Energía del Mar:

El mar contiene una gran cantidad de energía por su naturaleza, sin embargo, debido a la complejidad de esta misma no existe todavía una tecnología que tenga un gran liderazgo comercialmente hablando. existen diferentes manifestaciones de la energía tales como (Villate, 2009):

- **Energía térmica oceánica (maremotérmica):** Se aprovecha la diferencia de temperatura entre el fondo marino y la superficie del mar, es importante tener en cuenta que esta técnica se aplica en mares que tengan una gran profundidad.
- **Energía Mareomotriz:** Este tipo de energías se obtiene a partir del aprovechamiento del movimiento del agua del mar o también gracias a la corriente que se da entre pleamar y

bajamar. Para su uso de una forma óptima se requieren que existan unos desniveles considerables de marea o en su defecto que la corriente marina sea fuerte.

- **Energía Undimotriz:** Ésta se como consecuencia del movimiento del viento sobre la superficie marina.

2.7.4. Energía Minihidráulica:

Se trata de instalaciones particulares de centrales hidráulicas, las cuales utilizan energía del agua para su posterior conversión en energía eléctrica. Éstas están condicionadas principalmente por el lugar en el cual van a ser ubicadas. Se puede considerar minihidráulica generalmente entre 10 y 50 MW; para este trabajo se considerará como minihidráulica a toda central hidráulica menor a 50 MW (Cayetano Espejo, García Marín, & Guerrero Aparicio, 2017).

2.7.5. Energía Geotérmica:

Este tipo de energía es aquella que proviene de adentro del planeta Tierra. Su aprovechamiento se da mediante la perforación del suelo, y así generar energía eléctrica, siempre y cuando se tenga temperaturas mayores a 150°C. Si la temperatura es menor, se puede usar para aplicaciones de calefacción o a nivel industrial (Flores González & Montañón Ramón, 2016).

2.7.6. Hidrógeno Verde:

Debido a que el hidrógeno es la molécula más común, se ha venido incrementando su uso desde hace unas décadas principalmente en el sector industrial, por ejemplo, en petroquímicas, refinerías, etc. El interés por el incremento del hidrógeno verde como un vector energético es que puede permitir la descarbonización de diversos sectores como por ejemplo el transporte, llegando a reducir las emisiones del transporte aéreo, marítimo u otros sectores industriales.

La clasificación por colores que se le atribuye al hidrógeno es debido a la materia prima que se usa para producirlo, ya que esta tiene un impacto en el medio ambiente.

Por ejemplo, el hidrógeno gris es el que más se produce en la actualidad, su fuente de origen son los combustibles como por ejemplo el reformado de gas natural. El problema con este tipo de hidrógeno es que es un proceso asociado a altas emisiones de CO_2 .

Por otro lado, se tiene el hidrógeno azul, el cual también tiene su origen en combustibles fósiles. Sin embargo, el CO_2 invertido en su producción es capturado y almacenado, reduciéndose así las emisiones de GEI.

Finalmente tenemos el hidrógeno verde, el cual se produce mediante procesos de electrólisis, donde la fuente que genera la energía necesaria proceso proviene de energías renovables, lo cual implica que no existen emisiones asociadas (MEM, 2023).

2.7.7. Biomasa:

De breve manera se puede describir a la biomasa como toda materia orgánica de la que se pueda obtener energía. Estos residuos provienen primordialmente de actividades tales como cultivos energéticos, actividades forestales, actividades agropecuarias, residuos urbanos, etc.

A diferencia de los combustibles fósiles, cuando se combustiona la biomasa, ésta libera carbono el cuál es el que continuamente se encuentran desprendiendo y absorbiendo las plantas. Por ello se considera que la biomasa es una forma de energía solar, ya que a través de la fotosíntesis ésta es convertida en energía química, permitiendo así sintetizar hidratos de carbono aprovechando el CO_2 . La biomasa se considera un elemento importante para mantener el equilibrio ecológico (MEER, 2014).

Los variada cantidad de biomasa está diferenciada por el contenido energético que contienen y que pueden llegar a liberar cuando son usadas en procesos de conversión. Así, sus componentes principales son hidrógeno, carbono y oxígeno (MEER, 2014).

La Biomasa se puede clasificar en las siguientes maneras (MEER, 2014):

- Biomasa residual: Esta biomasa proviene de las diversas actividades agrícolas como las forestales, humanas y ganaderas. Ésta se puede subdividir en:
 - Biomasa residual húmeda: Esta constituida por los vertidos biodegradables como los desechos agrícolas o aguas residuales.
 - Biomasa residual seca: Se da por la industria agroalimentaria, maderera, etc.
- Biomasa natural: Se produce en los ecosistemas naturales tales como los bosques.

Debido a que los diferentes tipos de biomasa no pueden ser explotados con la misma tecnología se puede clasificar a los procesos tecnológicos de los siguientes formas (MEER, 2014):

- Procesos Termoquímicos:
 - Combustión: Se obtiene calor y electricidad.
 - Pirólisis: Se obtiene aceite de pirólisis, gases no condensables, brea vegetal, carbón vegetal.
 - Gasificación: Se obtiene gas de síntesis, gas pobre y metanol.
- Procesos Químicos y Bioquímicos:
 - Fermentación alcohólica: Se obtiene bioetanol
 - Digestión anaeróbica: Se obtiene biogás.
 - Transesterificación y esterificación: Se obtiene Metil ester

2.8. Importancia de la Energía Renovable

La energía renovable destaca principalmente por ser fuente de energía limpia e inagotable. Adicionalmente sus costos cada vez son menores, lo cual la hace cada vez más competitivas. Se estima que para el año 2030 el suministro de electricidad llegará al 43% de la demanda eléctrica de aquel momento, esto impulsado principalmente por energía fotovoltaica y eólica. Así también uno de los objetivos de las Naciones Unidas para dicho

año es que exista el acceso universal a la electricidad, aunque, siguiendo la tendencia actual, se estima que existirán un aproximado de 800 millones de personas en el mundo sin acceso a este recurso (IEA, 2023).

Algunos de los puntos más importantes a considerar en el uso de las energías renovables son (Acciona, 2020):

- **Perspectiva política favorable:** Cada vez son más favorables los consensos internacionales que apoyan la descarbonización de las economías mundiales, lo cual permite una promoción muy fuerte de tecnologías de energía limpia. Esto debido a los diferentes acuerdos en el XXI Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).
- **Competitividad creciente:** Cada vez las diferentes tecnologías renovables, especialmente la solar y eólica son más baratas, haciendo a estas más competitivas en el mercado y así sean más sostenibles ambiental y económicamente.
- **Inagotables:** A diferencia de las energías fósiles, las energías renovables cuentan con una disponibilidad enorme y con reservas infinitas, lo cual no pone en riesgo el recurso para las siguientes generaciones.
- **Reducción de la dependencia energética:** Al ser fuentes de naturaleza local, es decir, que en cualquier parte del planeta se puede encontrar diferentes recursos renovables entre sol, agua, viento, materia orgánica; permite que existan beneficios para las economías locales en la búsqueda de la independencia económica.
- **Lucha contra el cambio climático:** Las energías renovables no generan los gases de efecto invernadero (GEI) que, si lo realizan las fuentes fósiles, mostrándose, así como una solución viable frente al cambio climático.

2.9. Importancia de las Energías Renovables No Convencionales para el Ecuador

Es importante considerar que la generación de energía es una base fundamental para el desarrollo social y económico de una nación. Entre los parámetros de su importancia está la accesibilidad, incluso sobreponiéndose al aporte económico que estas puedan tener. Cada año la población ecuatoriana crece, lo cual tiene una relación directa con la demanda energética, ello impulsa la búsqueda de diferentes fuentes de energía y nuevos sistemas

de producción eléctrica principalmente, primordialmente por energías renovables, a su vez de impulsar la eficiencia energética (Barragán LLanos & Llanes Cedeño, 2020).

Ecuador es un país altamente rico en recursos renovables, por ejemplo, los niveles de radiación solar están entre los más altos a nivel mundial, lo cual es alentador para el uso de este tipo de energía mediante plantas fotovoltaicas, además del uso para calentamiento de agua (Barragán LLanos & Llanes Cedeño, 2020).

Con respecto a la Biomasa, la cual es obtenida del sector agroindustrial principalmente, es muy diverso, lo que conlleva a que se pueda extraer bastantes residuos los cuales son muy aprovechables para generación energética. Como se mencionó anteriormente los desechos más usados son los provenientes del sector azucarero, con el bagazo de caña de azúcar para así poder generar energía térmica y eléctrica.

La energía eólica en el país no es tan aprovechable, ya que la ubicación geográfica de este es en la 'zona de calmas ecuatoriales'. Sin embargo, se puede llegar a encontrar vientos que poseen un valor energético importante. El MEER presentó en el año 2013 el 'Atlas Eólico del Ecuador', en el cual se registra cual es el potencial eólico neto del Ecuador, el cual fue de aproximadamente 1671 MW (MEER, 2013)

2.10. Análisis de ventajas y desventajas de las diferentes fuentes de energías renovables.

A continuación, se presenta un breve análisis de ventajas y desventajas de cada fuente de ERNC.

2.10.1. Energía Solar:

La tecnología solar es versátil en la producción de energía, puede ser aprovechada mediante tecnologías como colectores solares, células fotovoltaicas, helióstatos, etc.; incluso este tipo de tecnologías pueden ir a otros campos, tales como la arquitectura bioclimática, donde para el diseño de interiores se toma en cuenta algunos requerimientos como por ejemplo la selección de materiales con propiedades térmicas favorables, creación de espacios adecuados que permitan la ventilación natural del sitio, orientación de la edificación al Sol, etc (Cañar Reinoso, 2014).

A continuación, en la Tabla 2.1 se muestra un análisis de ventajas y desventajas de este tipo de energía:

Tabla 2.1. Análisis de ventajas y desventajas de la energía solar (Flores Trejo, Fung González, & Barragán López, 2011)

Ventajas	Desventajas
----------	-------------

Su fuente energética (Sol) es ilimitada	El costo inicial en la inversión puede llegar a ser muy elevado.
Puede ser usadas en localidades lejanas a las grandes ciudades, donde el acceso al cableado eléctrico es complejo	Tiene un flujo de energía que no se mantiene constante en el tiempo, fluctúa de acuerdo con las condiciones climáticas.
No contamina	Se requieren extensas áreas para la realización de grandes proyectos para producir grandes cantidades de energía.
Bajo costo de aprovechamiento, ya que el costo inicial que tiene que ver con la fabricación y la instalación es lo más alto, posterior a eso tiene costos mínimos y prácticamente nulos.	Usualmente este tipo de generación de energía se complementa con otros tipos de energías para suplir el requerimiento energético.

2.10.2. Energía Eólica:

En la Tabla 2.2 se procede a realizar un análisis de ventajas y desventajas de este tipo de energía:

Tabla 2.2. Análisis de ventajas y desventajas de energía eólica (Conserve Energy Future, 2023).

Ventajas	Desventajas
No genera emisiones de GEI	El viento más ideal, requerido para la aplicación es usualmente encontrado en sitios remotos.
Bajo impacto ambiental	Las turbinas eólicas producen sonido y alteran la parte visual del paisaje.
Energía renovable	La fauna salvaje puede verse afectada por la instalación y el uso de este tipo de tecnología
Económico, ya que por los avances en materia tecnológica han producido que el costo de generación de energía	Requieren una alta inversión inicial, ya que se requiere una logística enorme en el transporte e instalación.

disminuye, desde el año 1980 los costos se han reducido en un 80%.	
Colabora en los objetivos de desarrollo sostenible local al ser propia de la zona.	Peligrosa, ya que al estar a expuesta a vientos fuertes puede ocasionar daños a propiedades o personas en caso de una descompostura en las turbinas.

2.10.3. Biomasa:

Entre las principales ventajas y desventajas del uso de la biomasa para producir energía se tienen las mostradas en la Tabla 2.3:

Tabla 2.3. Análisis de ventajas y desventajas de biomasa (Parker, 2023)

Ventajas	Desventajas
Son una fuente renovable, permiten reducir la dependencia de los combustibles fósiles.	Puede llegar a afectar la salud del suelo, ya que se realizan generalmente monocultivos.
Fácil producción	Dependen de las condiciones climáticas de cada región, con lo cual dependen de cierto tipo específico de cultivos.
Reduce la contaminación por residuos, ya que estos son aprovechados para generar energía.	Se puede llegar a requerir grandes cantidades de agua y pesticidas para proteger y mantener los cultivos, lo cual puede llegar a afectar considerablemente el medio ambiente.
Reducción de dependencia energética para las diferentes naciones, ya que los biocombustibles se basan en fuentes vegetales que pueden ser cultivadas en cualquier terreno.	Los cultivos tienden a ocupar grandes extensiones de tierra, lo cual implicaría la destrucción de hábitats y afectaría a las especies que habitan allí.

2.10.4. Energía Geotérmica:

Entre las principales ventajas y desventajas del uso de la energía geotérmica están:

Tabla 2.4. Análisis de ventajas y desventajas de geotermia (Greenmatch, 2023)

Ventajas	Desventajas
Fuente renovable	Puede llegar a contaminar acuíferos cercanos con el amoniaco o arsénico
Producción continua	En el proceso de extracción de energía se liberan GEI como el sulfuro de hidrógeno, amoniaco y metano en pequeñas cantidades comparado con los combustibles fósiles.
Es un recurso autóctono	Es importante considerar que las fuentes conocidas pueden llegar a enfriarse con el tiempo, impidiendo la extracción de energía.
Energía estable, no se presentan fluctuaciones.	La inversión inicial para considerar es alta, ya que se requieren sistemas complejos, y el periodo de recuperación de la inversión puede llegar a tomar entre 2 y 10 años.
Ocupan poco terreno y bajo impacto visual.	-

2.10.5. Hidrógeno verde:

Mediante el hidrógeno verde se puede obtener energéticos como combustibles para movilización de transporte o generación de energía eléctrica (MEM, 2023), como se ve en la Tabla 2.5:

Tabla 2.5. Análisis de ventajas y desventajas de Hidrógeno verde (Energy Tracker Asia, 2023)

Ventajas	Desventajas
Energía limpia y renovable, el residuo obtenido es el agua	Es más caro de producir que el hidrógeno gris.
Es transportable ya que el hidrógeno es ligero.	Su implantación como fuente de energía es costosa.
Es almacenable, ya que se puede comprimir y almacenar en tanques por largos periodos de tiempo.	Tiene una baja densidad energética sin comprimir.

2.10.6. Minihidráulica:

La energía minihidráulica es usada para producir hidroelectricidad, en la Tabla 2.6 se puede observar sus ventajas y desventajas:

Tabla 2.6. Análisis de ventajas y desventajas de minihidráulicas (Energypedia, 2017)

Ventajas	Desventajas
Se requiere un caudal bajo o una caída de agua baja para que se genere electricidad.	Requieren ciertas condiciones específicas de sitio, lo cual no les hace adecuadas para cualquier lugar.
Producen un suministro continuo con una buena planificación.	Si se busca una futura expansión es posible que no se dé debido al pequeño lugar donde se establece.
Bajos costos de distribución y financiamiento.	Depende de las estaciones del año, en verano puede que no genere mucha energía.
Bajo costo de mantenimiento	Tiene un cierto nivel de impacto ambiental

2.11. Energías Renovables No Convencionales en Ecuador:

En el Ecuador siempre predominaron principalmente dos tipos de energía, las cuales son la hidroelectricidad a gran escala y la proveniente del petróleo.

Por muchos años las energías renovables no convencionales tuvieron un rol no importante en la generación de energía en el país, usando principalmente biomasa, la cual venía primordialmente del bagazo de la caña. Para el año 2007 tuvieron un mayor protagonismo ya que se inauguró el primer parque eólico en el país, el cual generaba una potencia de 2.4 MW, esto en la provincia de las Galápagos (Revista Líderes, 2013).

2.11.1. Potenciales estimados-instalados de Energías Renovables No Convencionales en Ecuador.

De acuerdo con el Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano y el Inventario de Recursos Energéticos del Ecuador, los potenciales instalados y potenciales estimados se encuentran:

2.11.1.1. Solar:

Debido a que el Ecuador se encuentra en el centro del planeta Tierra, este es un beneficiario de la energía solar. Esto ya que toda la parte Ecuatorial es impactada por los rayos solares

de manera perpendicular los 365 días del año. Lo cual hace que sea intensa y constante. A pesar de que normalmente se considera que en el Ecuador existen dos estaciones climatológicas anuales, no implica que la incidencia del ángulo en el cual la radiación solar impacta con el planeta en esta región cambie. Esto afecta directamente a todo el territorio nacional, sin embargo, la intensidad puede llegar a variar debido principalmente a la nubosidad que puede presentar cada región y especialmente en época de invierno (Roldán, 2009). Además, se cuenta con factores de planta del 24% para energía solar fotovoltaica (MEM, 2023).

Con ellos se presenta a continuación la Tabla 2.7 la cual contiene los diferentes valores de insolación global promedio para las diferentes provincias del Ecuador:

Tabla 2.7. Insolación global para las diferentes provincias del Ecuador (Atlas Solar del Ecuador, 2008)

Provincia	Valor mínimo (kWh/m ² /día)	Valor máximo (kWh/m ² /día)	Valor promedio (kWh/m ² /día)
Azuay	4.05	4.8	4.425
Bolívar	4.8	4.95	4.875
Cañar	4.05	4.65	4.35
Carchi	3.9	4.2	4.05
Cotopaxi	4.8	5.25	5.025
Chimborazo	3.75	4.95	4.35
El Oro	4.2	5.1	4.65
Esmeraldas	3.9	4.35	4.125
Guayas	4.2	4.8	4.5
Imbabura	4	5.1	4.55
Loja	4.5	5.7	5.1
Los Ríos	4.65	4.65	4.65
Manabí	4.2	5.25	4.725
Morona Santiago	3.75	4.5	4.125
Napo	4.2	4.8	4.5
Pastaza	4.5	4.65	4.575
Pichincha	4.05	5.25	4.65
Orellana	4.5	4.8	4.65
Tungurahua	4.2	4.3	4.25
Santa Elena	4.5	4.35	4.425

Santo Domingo	4.65	5.25	4.95
Sucumbíos	4.05	4.8	4.425
Media Nacional	4.245	4.839	4.542

Con respecto a la potencia nominal y efectiva para generación eléctrica, el Ecuador contaba con 27.65 MW y 26.76 MW respectivamente. Esta potencia se encuentra distribuida en las diferentes provincias de la siguiente manera:

Tabla 2.8. Potencia de generación eléctrica por provincia (ARCERNNR, 2022)

Provincia	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)
Cotopaxi	2	2
El Oro	5.99	5.99
Galápagos	2.62	2.62
Guayas	3.98	3.98
Imbabura	4	3.99
Loja	5.99	5.12
Manabí	1.5	1.49
Morona Santiago	0.37	0.37
Pastaza	0.2	0.2
Pichincha	1	1
Total	27.65	26.76

Lo cual da una potencia instalada total de 26.76 MW en generación de energía eléctrica por fuente fotovoltaica.

2.11.1.2. Eólica:

Debido a la ubicación geográfica del país, en el caso del recurso eólico este es escaso en la mayor parte del territorio. Sin embargo, hay puntos específicos donde existen vientos constantes que tienen una energía considerable para poder producir energía eléctrica, la cual es la forma de energía que se busca producir con este medio (Roldán, 2009). Se cuenta con factores de planta de hasta un 59% (MEM, 2023).

A continuación, se muestran en la Tabla 2.9, la cual usa información del Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), que actualmente ya se encuentra extinto el potencial eólico estimado en el Ecuador:

Tabla 2.9. Potencial eólico estimado en Ecuador (INECEL, 2006)

Provincia	Potencial (MW)
Carchi	13.8
Imbabura	11.04
Pichincha	122.42
Cotopaxi	35.96
Chimborazo	35.61
Cañar	71.85
Bolívar	7.27
Azuay	101.7
Loja	520.46
Total	921.11

El potencial eléctrico efectivo y nominal de las dos provincias donde este recurso es considerable se muestra la continuación en la Tabla 2.10:

Tabla 2.10. Potencial eólico instalado en Ecuador (ARCERNNR, 2022)

Provincia	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)
Galápagos	4.65	4.65
Loja	16.5	16.5
Total	21.15	21.5

Con ello se puede ver, la potencia efectiva instalada total es de 21.5 MW.

2.11.1.3. Biomasa:

La economía ecuatoriana siempre se ha caracterizado por tener un porcentaje importante de dependencia de la agricultura. Dentro del territorio y en toda su extensión la Biomasa puede provenir de diferentes sectores tales como (MEER, 2014):

- Sector Agrícola: Arroz, banano, café, cacao, plátano, piña, palmito, palma africana, maíz

duro, caña de azúcar.

- Sector Pecuario: Vacuno, porcino, avícola.
- Sector Forestal: Forestal Implantado.

La biomasa que se recauda no solamente es usada para generación de energía, sino también como abono, fabricación de sitios para animales o incluso comida para estos (Roldán, 2009). Se estima que se cuenta con factores de planta del 70% aproximadamente (MEM, 2023).

El potencial estimado de energía proveniente de Biomasa en el Ecuador se describe en la Tabla 2.11:

Tabla 2.11. Potencial de Biomasa estimado en Ecuador (MEER, 2014)

Región	Energía Bruta ($\frac{TJ}{año}$)
Costa	187751.51
Sierra	22058.79
Oriente	14291.84
Total	224102.14

A continuación, se muestra la Tabla 2.12, la cual contiene la potencia nominal y efectiva de centrales de biomasa y de biogás para las diferentes provincias del Ecuador:

Tabla 2.12. Potencial de Biomasa instalado en el Ecuador (ARCERNNR, 2022)

Provincia	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)
Cañar	29.8	27.6
Guayas	114.5	108.8
Total	144.3	136.4

Lo cual resulta en una potencia efectiva de 136.4 MW.

2.11.1.4. Minihidráulica:

Con respecto a la producción de energía eléctrica por fuentes hidráulicas se considera el criterio mencionado anteriormente para minihidráulica menor a 50 MW. De acuerdo con el Inventario de Recursos Energéticos se cuenta con los siguientes potenciales:

Tabla 2.13. Potencial de minigeneración eléctrica estimada en el Ecuador (ARC, 2015)

Provincia	Nombre del proyecto hidroeléctrico	Potencial (MW)
Carchi	Mira 2	47.8
Pichincha	Cinto	45.8
Pichincha	Santa Rosa	45.2
Carchi	Mira	41
Imbabura	Pamplona	40.5
Sucumbíos	La Barquilla	40.1
Carchi	Guayabal	39.8
Zamora Chinchipe	Numbalá	39.2
Napo	Chalpi-1	36.2
Esmeraldas	Puniyacu	36
Esmeraldas	Negro II	36
Santo Domingo de los Tsáchilas	Alluriquín	34.5
Cotopaxi	Yacuchaqui	32.2
Pichincha	Milpe	31.9
Morona Santiago	Sucúa	31.6
Sucumbíos	Chingual	28.4
Cañar	Gualleturo	27.7
Azuay	Udushapa I	27.7
Pichincha	Sarapullo	27.7
Loja	Paquishapa	26
Cotopaxi	Las Juntas	24.7
Napo	Quijos - 1	24.2
Carchi	Chilma	23.7
Napo	Cosanga	23.6
Azuay	Udushapa II	23.6
Cotopaxi	Isinlivi	22
Esmeraldas	Agua Clara	20
Carchi	El Ángel	19.1
Napo	Misahuallí-2	19.1
Bolívar	Echeandia Alto	18
Pichincha	Corazón	18
Cañar	Raura	16.7

Azuay	Susudel	15.8
Pichincha	Mindo	15.7
Carchi	Blanco	15.5
Cañar	Tambo	15.4
Imbabura	Intag 1	15.3
Cotopaxi	Guangaje	15.2
Zamora Chinchipe	Bombuscara	15
Chimborazo	Puela-2	14.8
Santo Domingo de los Tsáchilas	Atenas	14.7
Azuay	Shincata	14.3
Carchi	Plata	14.2
Chimborazo	Pangor I	14
Chimborazo	Chambo	12.9
Bolívar	Caluma Bajo	12
Pichincha	Bellavista	11.6
Imbabura	Sigsipamba	10.9
Azuay	El Burro	10.6
Esmeraldas	Bravo Grande	10
Pichincha	Alambi	9.8
Pichincha	San Pedro II	9.5
Azuay	San Francisco II	9.4
Pichincha	Tandapi	8.9
Loja	Lucarqui	8.8
Bolívar	Echeandia Bjo	8.4
Loja	Uchucay	8.4
Los Ríos	Balsapamba	8.1
Los Ríos	Blanco 2	8
Azuay	Mandur	7.8
Carchi	Palmar	7.8
Chimborazo	Alausi	7.5
Chimborazo	Cebadas	6.95
El Oro	Casacay	6.1
Esmeraldas	Lachas	6
Azuay	Tomebamba	6

Azuay	Vivar	5.9
Azuay	Collay	5.8
Azuay	Oña	5.3
Pichincha	Tandayapa	4.88
Cotopaxi	Pucayacu I	4.8
Chimborazo	Huarhuallá	4.6
Tungurahua	Ambato	4
Bolívar	Chimbo - Guaranda	3.8
Carchi	La Concepción	3.17
Azuay	Ricay	3.1
Loja	Solanda	3
Cotopaxi	Monte Nuevo	3
Carchi	El Laurel	2.37
Cotopaxi	Chuquiragua	2.35
Zamora Chinchipe	Nanguipa	2.3
Loja	Ganancay	2.29
Zamora Chinchipe	Mayaicu	2.27
Loja	Puente del Inca	2.02
Azuay	Gala	1.92
Morona Santiago	Pan de Azúcar	1.85
Bolívar	Campo Bello	1.7
Bolívar	Salunguire	1.7
Imbabura	Vacas Galindo 1	1.2
Total	-	1415.97

Para este tipo de tecnología se estima que se tiene factores de planta de alrededor del 60% al 68% (MEM, 2023). La potencia instalada a nivel nacional se puede ver en la Tabla 2.14:

Tabla 2.14. Potencia instalada de fuentes minihidráulicas en el Ecuador (ARCERNNR, 2022)

Provincia	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)
Bolívar	8	8
Carchi	5.82	5.14
Cañar	32.33	32.33
Chimborazo	16.33	16.34

Cotopaxi	47.39	45.27
Total	109.87	107.08

2.11.2. Potenciales estimados de Energías Renovables No Convencionales en Ecuador aún no explotados

Además de los potenciales mencionados anteriormente, se pueden mencionar dos tipos de energía que es importante considerar a futuro y que pueden llegar a entrar fuertemente en el mercado energético nacional, las cuales son:

2.11.2.1. Hidrógeno verde:

Gracias a la disponibilidad de energías renovables se puede ver que existe un potencial interesante de hidrógeno verde para su producción energética, tal como se muestra a continuación en la Tabla 2.15:

Tabla 2.15. Potencia estimada de Hidrógeno verde en el Ecuador (MEM, 2023)

Proyecto	Potencial Estimado MW
Islas Galápagos	1.5
Refinería Esmeraldas (kW)	50
Refinería Shushufindi	50
Chimborazo	100
Movilidad sostenible en Quito	5
Guayas	200
El Aromo	200
Total	556.5

2.11.2.2. Geotermia:

Debido a la ubicación geográfica del país, este posee un interesante potencial geotérmico, no obstante, no existen proyectos para poder aprovechar este recurso. Se puede decir que este se encuentra en un proceso exploratorio, se busca que en un periodo de 5 a 10 años se pueda contar con la primera planta de generación de energía por geotermia. Se considera que existe un potencial en el país de aproximadamente 3000 MW (Lloret & Labus, 2014). Se estima que los factores de planta que se podrían alcanzar son del 85% (MEM, 2023).

A continuación, en la Tabla 2.16 se muestra los potenciales de los principales proyectos que se encuentran en proceso de exploración:

Tabla 2.16. Potencia estimada de fuentes Geotérmicas en el Ecuador (Carcelén, Prietocarrizosa, & Uría, 2022).

Proyecto	Potencial Estimado MW
Jamanco	26
Chacana-Cachiyacu	83
Chalupas	283
Chachimbiro	178
Tufiño-Cerro Negro-Chiles (binacional con Colombia)	330
Total	900

2.12. Planificación energética:

La planificación del sistema energético de manera integral de una nación es un factor fundamental para alcanzar el desarrollo sostenible. Así, se puede asegurar el abastecimiento sostenible y confiable de la energía.

Es sustancial que el Gobierno se implique en la planificación energética del país correspondiente, ya que hacer caso omiso implicaría que no exista una correcta coordinación entre las políticas públicas con las diversas decisiones provenientes del sector privado y poner en riesgo la seguridad energética de la nación. Es decir, el Estado debe ser quien lidere los procesos de planificación para el crecimiento de toda la infraestructura que respalda el aprovisionamiento energético, accionando sobre las distancias que eventualmente pueden aparecer entre la producción y demanda, evitando que tengan una distancia muy marcada y así proponer correcciones que sean oportunas.

Por ello la planificación energética no es un acontecimiento eventual, sino más bien se define como un evento de mejora continua y además pierde su valor si las estrategias planteadas no se ejecutan de manera efectiva y no se lleva un registro de los resultados que se van obteniendo paulatinamente.

La planificación energética tiene la virtud de poder llevar de la mano las actividades y recursos energéticos de los que consta un país, haciendo énfasis en las temporadas donde existe una gran incertidumbre debido a diferentes factores, aminorándolos y permitiendo así una mayor claridad con respecto a las opciones y caminos más seguros. Es importante tener en cuenta que

cuando la incertidumbre es grande ser flexible es fundamental, es decir, cuando se acoge un plan no se deja de lado la flexibilidad y el dinamismo. Planificar no está arraigada solamente al hecho de la toma de decisiones en el presente, sino que permite evaluar cuál será el futuro de las decisiones que se toman en el presente, y al mismo tiempo, la planificación de las decisiones futuras debido a los sucesos que cambien las variables del entorno (OLADE, 2017).

El objetivo de una planificación energética es plantear las estrategias con los diferentes sectores de manera programada, concreta y realizar así un análisis a mediano y largo plazo de la implementación de los objetivos propuestos. Estos objetivos se plantean en función de los puntos principales de acción de toda planificación energética, los cuáles son (MERNNR, 2021):

- Contribuir al desarrollo sustentable del sistema productivo;
- Contribuir a objetivos sociales, enfocado principalmente en la disminución de la pobreza;
- Madurar de manera coordinada los mercados energéticos;
- Mantener un adecuado equilibrio con el medio ambiente
- Garantizar y asegurar el suministro energético
- Incentivar a un uso más eficiente y racional de la energía

Con ello se buscan los siguientes resultados de la planificación energética:

- Agenda Nacional de la Energía;
- Plan Energético Nacional;
- Plan de Acción Estratégico;
- Planes sectoriales: Plan Maestro de Electricidad (PME), Plan Nacional de Eficiencia Energética (PLANEE);
- Estudios de prospectiva energética;

2.12.1. Planificación energética de Ecuador a futuro:

Según el Plan Estratégico Institucional la planificación energética nacional está estructurada en función del Plan Nacional de Desarrollo. Esto se encuentra a su vez en concordancia con varias directrices internacionales como el Acuerdo de París y la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, a partir de la cual se plantean los Objetivos de Desarrollo Sostenible 'ODS' (MERNNR, 2021).

- Plan Energético Nacional-PEN 2050: Actualmente el Estado se encuentra trabajando para

la construcción del Plan Energético Nacional, el cual tiene como horizonte el año 2050. El objetivo es realizar diversos estudios de prospectiva, sostenibilidad, planificación y seguridad energética. El desarrollo de este proyecto permitirá:

- Obtener un diagnóstico energético preciso.
- Realizar estudios de Prospectiva Energética Nacional 2020-2050.
- Clarificar la elaboración de políticas, planificación energética, estrategias de los diversos sectores de manera integral a largo plazo, sin dejar de tomar en cuenta escenarios sociales, económicos, energéticos y ambientales para realizar un uso sustentable de la energía.
 - Construir el Sistema de Información Integrado Energético Nacional, donde se incluyen criterios de seguridad, prospectiva, planificación y sostenibilidad energética.
- Plan Nacional de Eficiencia Energética-APLANEE: En este documento se describen los objetivos, estrategias, metas, líneas de acción y políticas de acción con la máxima de mejorar el uso eficiente de la energía en la oferta y la demanda. Lo que se busca es disminuir la importación de derivados de petróleo, construir una cultura que le dé importancia a la eficiencia energética y disminuir los efectos del cambio climático. En la actualidad todavía sigue rigiendo el PLANEE 2016-2025.
- Plan Maestro de Electricidad - PME 2020-2030: Éste se encarga de planificar de manera integral toda la política del sector eléctrico. Está estructurado con objetivos, planes, políticas, estrategias, metas, programas y diversos proyectos con el objetivo de cumplir las metas planteadas con respecto a generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica. Actualmente ese documento se encuentra en actualización, con lo cual sigue rigiendo el PME 2017, con sus respectivos ajustes.
- Balance Energético Nacional: Aquí se resume la información económica, social, hidrocarburífera y eléctrica nacional y así poder tener una idea más clara dinámica y global de todo el sector energético desde la oferta hasta la demanda y el consumo de la energía. El documento más actual que se tiene desde el año 2021.

2.12.2. Planificación energética con respecto a ERNC:

Con respecto a la planificación energética enfocada netamente a ERNC, el Ecuador consta de los siguientes proyectos que se ejecutarán en los próximos años y otros que ya se vienen ejecutando.

- **Generación de energía eléctrica:** Cómo se mencionó anteriormente el plan maestro de electricidad es el documento en el cual se basa todos los proyectos y la política del sector eléctrico. En el Ecuador con el objetivo de realizar una expansión de la generación eléctrica, se tienen los siguientes proyectos con sus respectivos años de entrada a funcionamiento:

- **Solar:**

Tabla 2.17. Proyectos de energía solar próximos a entrar en funcionamiento (MERNNR, 2021).

Proyecto	Potencia (MW)	Energía estimada ($\frac{GWh}{año}$)	Año de entrada en operación
El Aromo	200	275	2022
Total	200	275	-

- **Geotérmica:**

Tabla 2.18. Proyectos de energía geotérmica próximos a entrar en funcionamiento (MERNNR, 2021).

Proyecto	Potencia (MW)	Energía estimada ($\frac{GWh}{año}$)	Año de entrada en operación
Chachimbiro	50	394.2	2028
Total	50	394.2	-

- **Eólica:**

Tabla 2.19. Proyectos de energía eólica próximos a entrar en funcionamiento (MERNNR, 2021).

Proyecto	Potencia (MW)	Energía estimada ($\frac{GWh}{año}$)	Año de entrada en operación
Minas de Huascachaca	50	132.9	2021
Villonaco III	110	384	2023

Total	360	516.9	-
--------------	------------	--------------	---

- **Biomasa y Bloques de ERNC:** Aquí se tomará en cuenta debido a la falta de información precisa sobre los proyectos netamente de biomasa dentro de los Bloques de ERNC y el resto de las tecnologías. Estos Bloques tratan de cuatro tipos de tecnologías, las cuáles son: Solar, Minihidráulica, Biomasa y Eólica; estos proyectos se encuentran ubicados en diferentes lugares del país, estos bloques de ERNC son cuatro con los siguientes potenciales (MERNNR, 2021):

Tabla 2.20. Bloques de ERNC próximos a entrar en funcionamiento (MERNNR, 2021).

Proyecto	Potencia (MW)	Energía estimada (GWh/año)	Año de entrada en operación
Bloque ERNC I	500	2119.3	2024
Bloque ERNC II	500	1980.6	2025
Bloque ERNC III	120	231.3	2026
Bloque ERNC IV	320	1401.6	2028
Total	1440	5732.8	

- **Minihidráulica:**

Tabla 2.21. Proyectos de energía minihidráulica próximos a entrar en funcionamiento (MERNNR, 2021).

Proyecto	Potencia (MW)	Energía estimada (GWh/año)	Año de entrada en operación
Sabanilla	30	210	2022
Mazar-Dudas, Central San Antonio	7.19	44.87	2022
Maravilla	9	61.59	2023
La Magdalena	20	167	2024

Mazar-Dudas, Central Dudas	7.38	41.4	2024
Soldados Yanuncay, Central Soldados	7.2	39.2	2024
Chorrillos	4	23.2	2024
El Salto	30	247	2024
Soldados Yanuncay, Central Yanuncay	14.6	79.5	2024
Total	129.37	913.76	-

○ **Hidrógeno verde:**

Tabla 2.22. Proyectos de hidrógeno verde próximos a entrar en funcionamiento (MEM, 2023).

Proyecto	Potencial Estimado MW	Año de entrada en operación
Islas Galápagos	1.5	2026
Refinería Esmeraldas (kW)	50	2026
Refinería Shushufindi	50	2030
Chimborazo	100	2028
Movilidad sostenible en Quito	5	2028
Guayas	200	2028
El Aromo	200	2028
Total	556.5	-

2.13. Estrategias para implementar en materia de ahorro y eficiencia energética:

La búsqueda de mejorar la disponibilidad de energía y asegurar la seguridad energética en el país no debe centrarse netamente en la búsqueda de generación de energías, sino, también debe enfocarse en un uso óptimo de la energía, lo cual nos permite complementar la mejora en la disponibilidad energética de cara al futuro. Algunas de las políticas mencionadas a

continuación ya han venido siendo implementadas como la introducción de cocinas de inducción, el uso de focos ahorradores, etc. Sin embargo, éstas deben continuarse. Entre las políticas que el país puede tomar en cuenta son (MEER, 2015):

- Ahorro de energía y Eficiencia energética:
 - Sustitución de refrigeradores mayores a 10 años
 - Cambio de cocinas de GLP a cocinas de inducción.
 - Reemplazo de focos incandescentes por focos ahorradores.
 - Campañas de ahorro de luz tales como:
 - Desconectar aparatos eléctricos cuando no son usados
 - Apagar las luces de lugares que no van a ser ocupados.
 - Mejorar la calidad de combustibles.
 - Usar sistemas de calentamiento de agua con energía solar en vez del uso del GLP.
 - Impulsar el uso de vehículos de transporte público.
 - Impulsar el uso de vehículos eléctricos, híbridos e hidrógeno.
 - Mejorar la eficiencia en calderas en el sector industrial.
 - Mejora en intensidad energética en vapor, aislamiento de sistemas y ciclos energéticos.

2.14. Herramientas informáticas que existen para el establecimiento de escenarios energéticos:

Para el establecimiento de escenarios de prospectivas energéticas se puede usar diferentes herramientas informáticas que facilitan el trabajo, cada una con sus ventajas y desventajas, a continuación, se toman en cuenta las tres más útiles:

2.14.1. OSeMOSYS (Open Source Energy Modelling System):

Se trata de un software que basa su modelado en código abierto para así evaluar de manera integral y a largo plazo la planificación energética. Ha sido empleado para desarrollar los diferentes modelos de sistemas energéticos a diferentes escalas, sean desde pequeños como

ciudades y regiones hasta a gran escala como países, continentes y hasta a nivel mundial. Hay mucha información de forma gratuita. Una de las principales desventajas es que se requiere alto conocimiento técnico para su uso (OSeMOSYS, 2021).

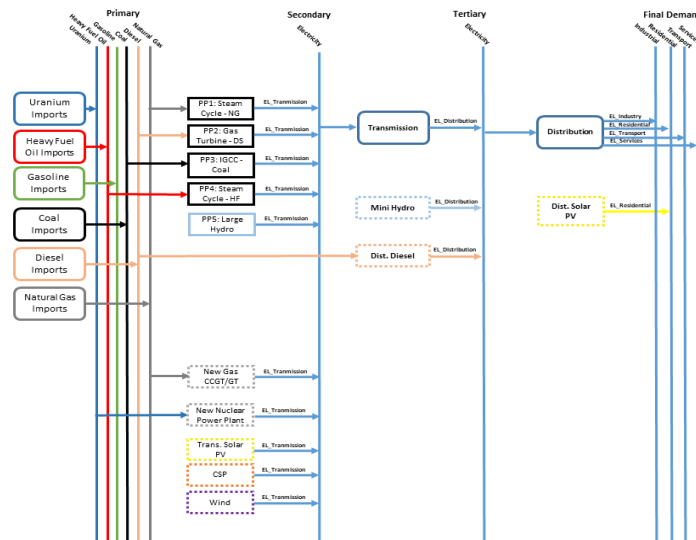


Figura 2.9. Interfaz del programa OSeMOSYS (OSeMOSYS, 2018)

2.14.2. LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System):

Esta herramienta informática se encarga de realizar un análisis de políticas energéticas y evalúa el cambio climático. Se puede usar para realizar el seguimiento de la producción y consumo energético en varios sectores económicos, así como permite también comprender de mejor manera cómo funciona la extracción de recursos en todos los sectores de una economía. Además, permite contar los sumideros y las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), lo cual permite darle un valor adicional a su uso, esto enfocado al sector energético y también al no energético. Entre las desventajas es que para manejar el programa se debe invertir un tiempo considerable además de recursos económicos, también se puede considerar que hay que tener datos detallados para tener los resultados queridos con una mayor precisión (NDC Partner, 2018).

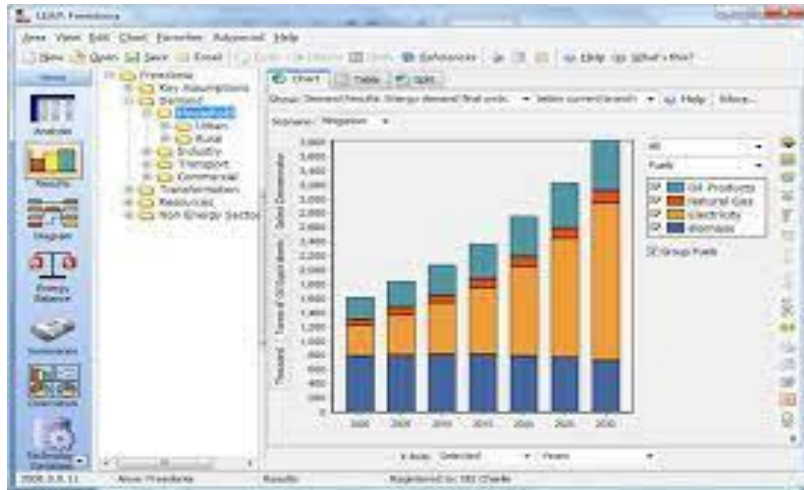


Figura 2.10. Interfaz del software (LEAP) (Hari Semesta, 2011).

2.14.3. SAME (Simulación y Análisis de la Matriz Energética):

Es un software desarrollado enteramente por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), donde se puede obtener varios escenarios de prospectiva energética para análisis a mediano y largo plazo. Su análisis se basa en el Balance Energético Nacional, del cual obtiene coeficientes técnicos, también usando como parámetro comparativo varios indicadores energéticos, ambientales o económicos, entre los escenarios propuestos. Las ventajas que tiene este programa es que permite realizar la simulación de políticas de diversificación de la matriz de consumo final, oferta total de energía y generación de energía eléctrica, permitiendo así generar diferentes tipos de escenarios, ya sea evolutivos, de tendencia o de ruptura muy eficientemente. Una de las desventajas es que se requieren datos precisos y confiables para tener los mejores resultados (OLADE, 2020).

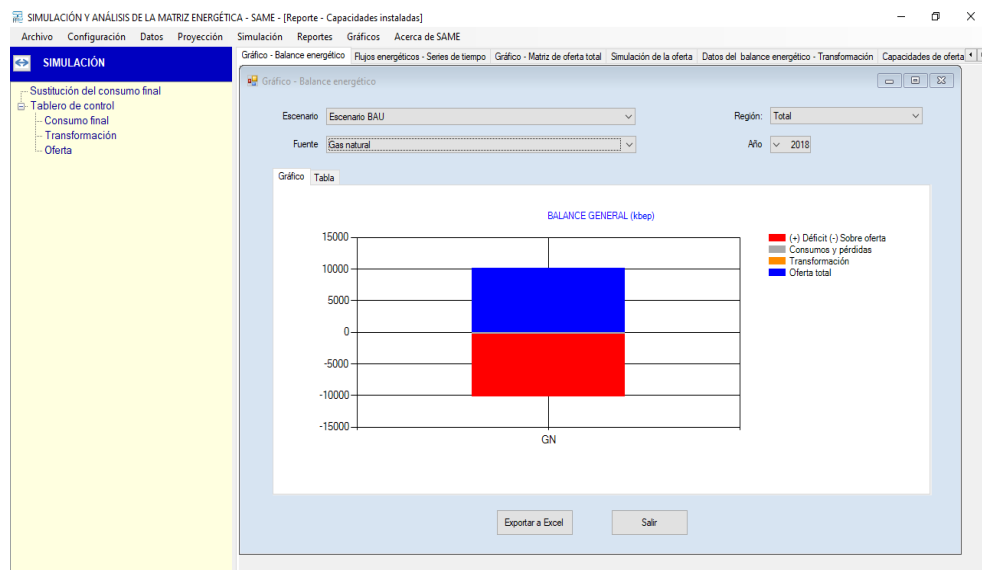


Figura 2.11. Interfaz software SAME

(Fuente propia)

Para este trabajo se procederá a usar el software SAME.

2.15. Construcción de Escenarios Energéticos:

La construcción de escenarios para el estudio se divide primeramente entre la oferta energética que tendrá el país en el año 2030, haciendo hincapié principalmente en la oferta de ERNC y la demanda tendencial energética que se tendrá para dicho año. Para ello se dividirá el análisis en dos periodos temporales, los cuales son: 2021-2025 y 2025-2030.

2.15.1. Oferta:

2.15.1.1. Escenario BAU:

En este escenario también conocido como 'Business As Usual', se conservan las métricas del crecimiento de la oferta energética tomando en cuenta de que los dos últimos años que se tiene la información más actualizada es decir 2020 y 2021 son años atípicos debido a la pandemia y a los efectos económico que vienen en consecuencia. Por ello los porcentajes de variación se conservan con relación a un periodo de 10 años desde el año 2009 al 2019 para así tener una mejor calidad de la información y mayor precisión en los resultados obtenidos. Esto se puede ver en la Tabla 2.23:

Tabla 2.23: Porcentajes de variación Escenario BAU (MERNNR, 2019)

Fuente energética	Porcentaje de variación 2009-2019 (%)
Eólica	38.9
Solar	133.3
Biogas	11.8
Aceite de piñón	-13
Leña	-4.4
Productos de caña	6.1

2.15.1.2. Escenario Incorporación Media (EIM):

En este escenario se toma en cuenta una incorporación relativamente mayor al escenario BAU, pero menos al escenario de incorporación alta. A continuación, se detalla las consideraciones en los rubros energéticos:

- **Electricidad:** Se considera la introducción de los proyectos de energía solar, eólica y los dos primeros proyectos considerados en los Bloques de ERNC (Bloque I y Bloque II)

detallados en el PME, esto debido al retraso que se ha tenido en su licitación y puesta en marcha. No se considera proyectos geotérmicos ni la introducción de Hidrógeno Verde debido a la falta de experiencia en la implementación de estos sectores, lo cual crea dificultades por lo menos para su implementación antes de 2030.

- **Combustibles:** Se considera aquí el uso de bioetanol en un 10% en la concentración final de combustible para la producción de la gasolina Eco plus. Se realiza la introducción a manera de plan piloto en las gasolineras de la costa ecuatoriana, desde 2022 a 2025 junto con Eco país. A partir de 2025 se estimaría que fuese la única en comercializarse en el territorio nacional en un porcentaje del 10% anual.

2.15.1.3. Escenarios de Incorporación Alta (EIA):

En este escenario se describen las posibilidades más ambiciosas en cuanto a la oferta energética.

- **Electricidad:** Se considera la introducción completa de los proyectos planteados en el PME hasta el año 2030. Además, también se toma en cuenta la generación de energía eléctrica mediante Hidrógeno Verde planteada en la 'Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde'.
- **Combustibles:** Se considera aquí el uso de bioetanol en un 10% en la concentración final de combustible para la producción de la gasolina Eco plus. Se realiza la introducción a manera de plan piloto en las gasolineras de la costa ecuatoriana, desde 2022 a 2025 junto con Ecopaís. A partir de 2025 cual se estimaría que fuese la única en comercializarse en el territorio nacional en un porcentaje del 20% anual. Se considera la producción de Hidrógeno Verde para movilidad en la ciudad de Quito a partir de 2028.

2.15.2. Demanda:

Se procede a dividir los diferentes sectores en 4 grupos, los cuáles son: Transporte, Industria, Residencial, Comercial-Servicios-Otros. Se toma en cuenta las diversas variaciones que han tenido a nivel histórico desde el año 2009-2019, sin tomar en cuenta la variación del año 2020-2021, esto debido a que son años atípicos y presentan una alta dispersión en la información.

3. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del modelamiento de los diversos escenarios con las consideraciones mencionadas en el apartado anterior. Además del software SAME se procedió a usar Excel debido a su mayor dinamicidad en gráficas para una mejor apreciación de los resultados obtenidos.

Por ello se divide el análisis entre la oferta, demanda y la comparación de los diferentes escenarios propuestos.

3.1. Resultados

3.1.1. Oferta:

Con las consideraciones mostradas en el planteamiento de escenarios se dividen las gráficas en tres periodos: 2021, 2025 y 2030 para su análisis, con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

3.1.1.1. BAU:

En la Figura 3.1 se puede visualizar la matriz energética del Escenario BAU para los años 2021-2025-2030.

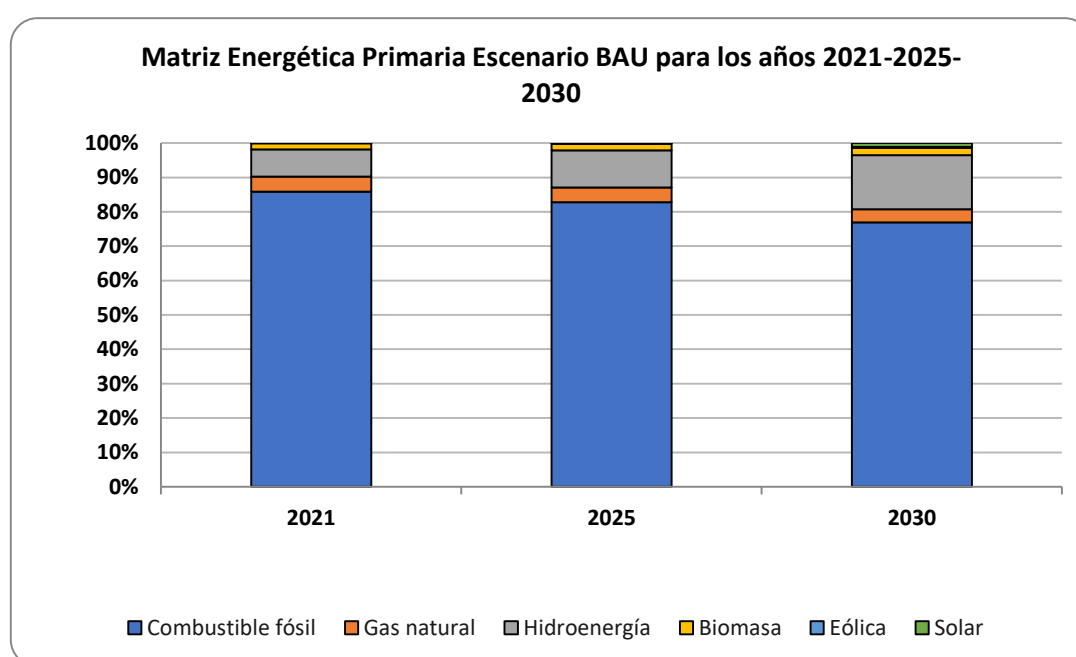


Figura 3.1. Matriz Energética Primaria Escenario BAU para los años 2021-2025-2030
(Fuente Propia)

Se puede ver que para el año 2025 existe una oferta de 216347.93 KBEP, de los cuáles el 82.81% proviene de combustibles fósiles derivados del petróleo, el 4.22% de gas natural y el 10.84% de hidroenergía. Con respecto a las energías renovables no convencionales, se puede ver una tendencia de incremento, llegando a ofertar el 2.13% restante.

Para el año 2030 se observa que existe una oferta energética de 243715.90 KBEP, esto con un aporte de 76.88% de combustibles fósiles derivados del petróleo, 3.86% de gas natural y 15.71% de hidroenergía. Con ello se puede observar que existe un 3.55% de oferta energética proveniente de energías renovables no convencionales.

Esto muestra que existe una tendencia progresiva del incremento de la oferta energética de ERNC.

Con respecto a la matriz energética secundaria, para el año 2025 se estima una oferta energética de 77727.78 KBEP, los cuales se encuentra ofertados de la siguiente forma: 32.29% de Electricidad, 1.86% de GLP, 12.88% de Gasolina, 16.40% de Diésel, y 42.78% restante de otros

energéticos tales como Jet Fuel, Gases, Fuel Oil, Otras secundarias y productos no energéticos, como se puede ver en la Figura 3.2:

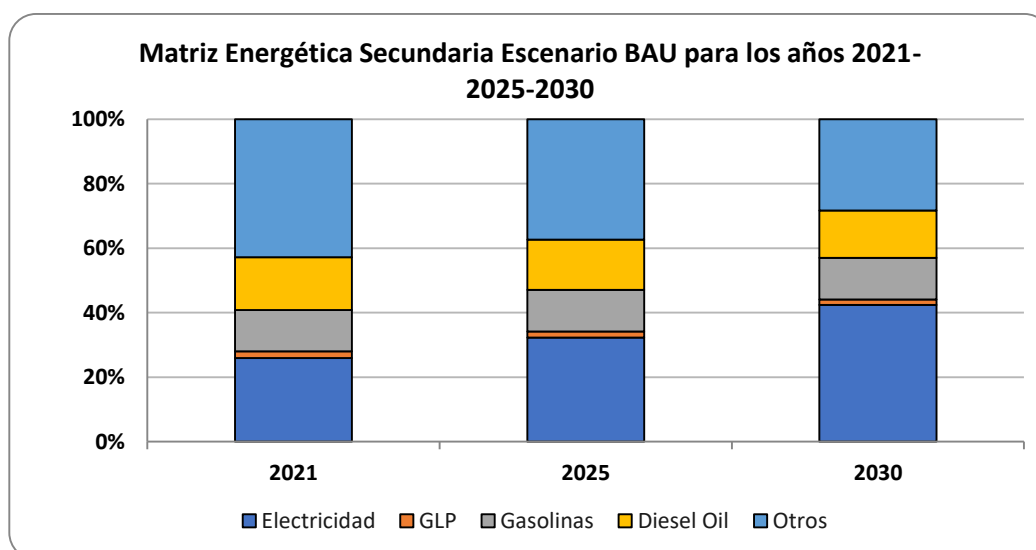


Figura 3.2. Matriz Energética Secundaria Escenario BAU para los años 2021-2025-2030
(Fuente Propia)

Para el año 2030, se puede ver que se tiene una oferta energética secundaria de 78900.71 KBEP, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente forma: 42.37% proveniente de electricidad, 1.69% correspondiente a GLP, 12.95% en Gasolina, 14.72% referente a Diésel y 28.28% que responde a otros energéticos tales como Jet Fuel, Gases, Fuel Oil, otras secundarias y productos no energéticos.

Es evidente que existe un incremento en la oferta eléctrica el cual tiene un ascenso anual porque el Ecuador ha venido invirtiendo en hacer renovable su matriz eléctrica, dando como consecuencia este resultado. Así también hay un incremento de la oferta gasolina, debido principalmente al incremento del parque automotor. En contraparte, se puede ver que existe una disminución de la oferta de GLP, esto debido a que en los últimos 10 años el Ecuador ha tenido una política de mejora en la eficiencia energética y ha promovido el uso de electricidad mediante cocinas de inducción, dejando así de lado el uso de gas licuado para el uso residencial el cual es su principal consumidor. También se puede ver una disminución en la oferta de Diésel, el cual se ve afectado debido a que uno de los sectores que tiene una demanda representativa de este energético, el cual es el sector industrial ha optado por el uso de energías renovables y a su vez con proyectos como el uso de aceite de piñón combinado con Diésel para la producción de energía ha afectado en su demanda, lo cual se explicará más adelante de manera más detallada. En la Figura 3.3, se puede observar cómo ha sido el cambio de la oferta de ERNC desde el año 2018 al 2030, lo cual es notorio que existe una alta predominancia de la oferta de biomasa, seguido por la energía solar con un menor porcentaje de aporte la energía eólica.

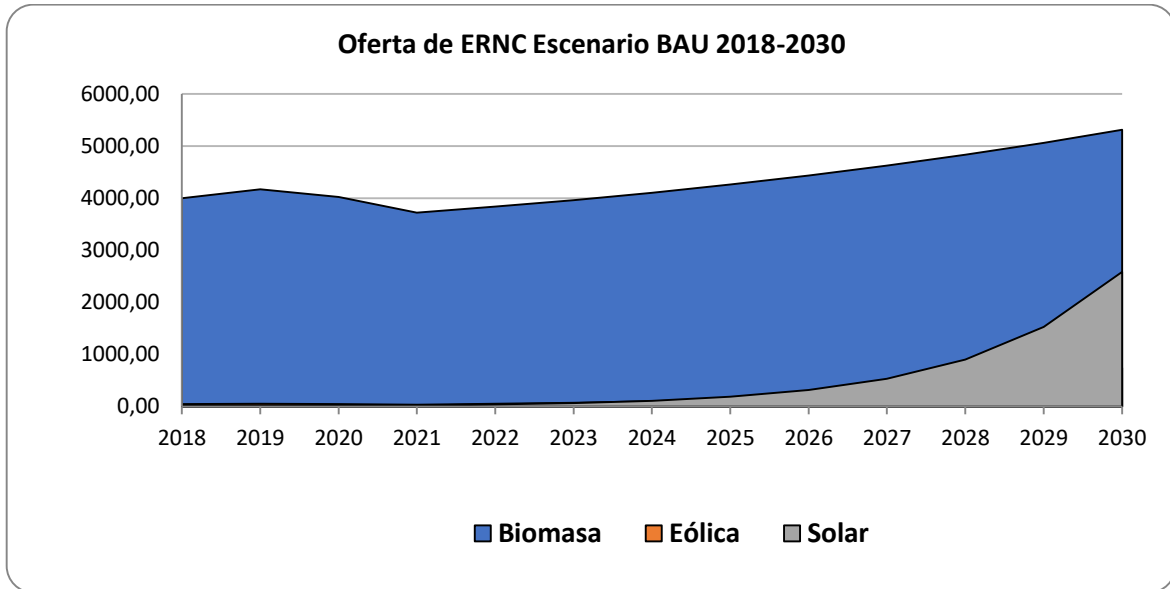


Figura 3.3. Oferta de ERNC Escenario BAU 2018-2030

(Fuente Propia)

Para el año 2025, se esperaría que el 92.82% de la oferta de ERNC sea proveniente de biomasa, 3.12% por energía eólica y el 4.07% mediante energía solar. Asimismo, para el año 2030, se esperaría que exista un 61.53% proveniente de biomasa, en segundo lugar, haya una oferta del 29.9% de energía solar y 8.56% de energía eólica.

Claramente se nota el crecimiento de la energía solar, lo cual concuerda con los análisis del potencial energético del Ecuador los cuales señalan que se cuenta con un gran potencial de generación de energía fotovoltaica. También se puede ver que el aporte de la energía eólica es muy pequeño, debido a que el Ecuador no es favorecido con este recurso más que en determinados lugares como Loja o Galápagos principalmente.

En la Figura 3.4 se puede observar que la matriz eléctrica para el año 2025 viene en mayor proporción por parte de hidroenergía, sin embargo, se ve que existe una mayor aparición de energía solar, eólica y biomasa.

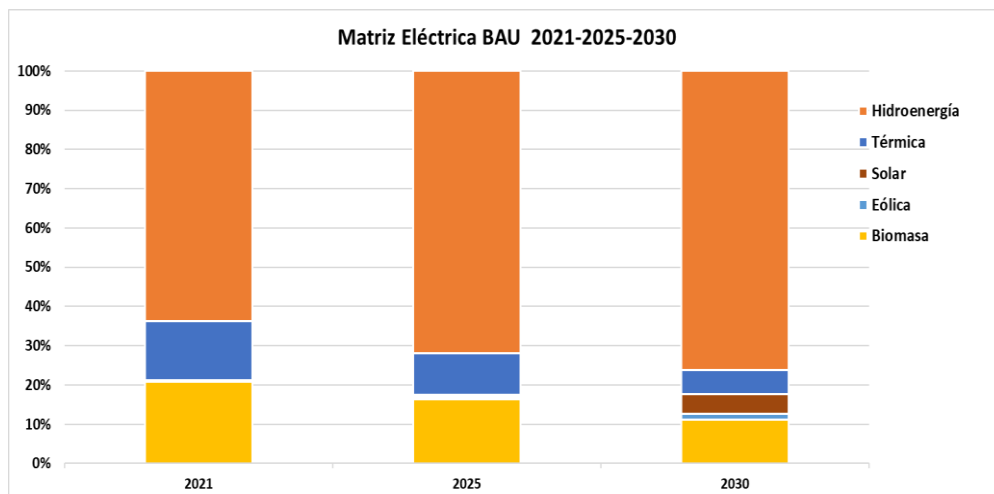


Figura 3.4. Matriz Eléctrica BAU 2021-2025-2030

(Fuente propia)

Para el año 2030 se nota una reducción importante la oferta eléctrica mediante fuentes térmicas. En el periodo desde 2021 hasta 2030, se puede ver que la oferta energética de leña tiene una tendencia a disminuir en una tasa del 3.1% anual, tal como se muestra en la Figura 3.5:

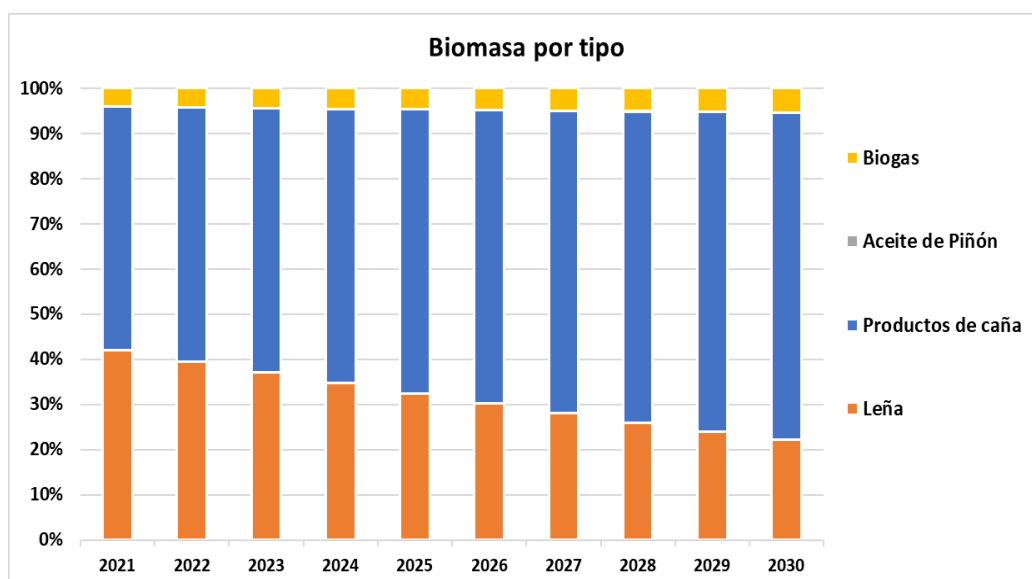


Figura 3.5. Generación de energía mediante Biomasa
(Fuente propia)

El biogás, el cual es usado netamente para generación eléctrica se mantiene en una tendencia creciente o una tasa del 7.2% anual.

Para el año 2025 se esperaría que la mayor parte de la energía producida por la biomasa venga por los productos de caña en especial del bagazo, ocupando así el 63% de la producción energética, seguido por la leña con un 32% y el biogás con 4.7%.

En el año 2030 se estimaría que el crecimiento de la producción energética a partir de derivados de caña llegue a un 72%, seguido por la leña en un 22.2%. El biogás tendría un aporte del 5.4%. En los dos casos el aceite de piñón tiene un aporte muy pequeño siendo menor al 1% de la producción energética.

3.1.1.2. Escenario Incorporación Media (EIM):

Con las consideraciones descritas para el EIM de ERNC se tienen los resultados que se ven en la Figura 3.6:

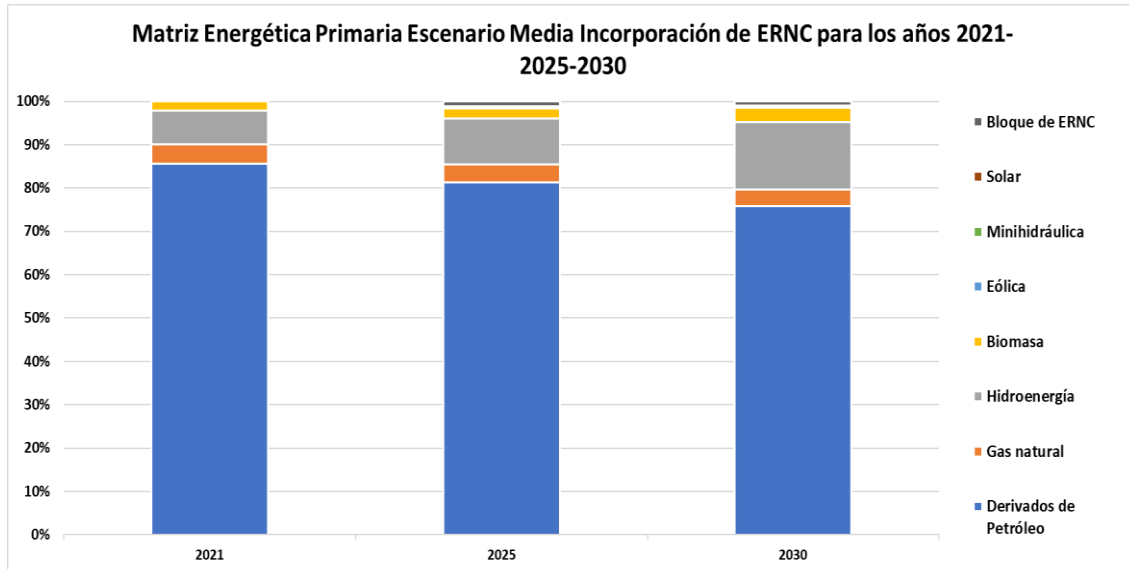


Figura 3.6. Matriz Energética Primaria EIM de ERNC para los años 2021-2025-2030
(Fuente propia)

Para el año 2025 se estima una oferta energética primaria de 220607.91 KBEP, de los cuales aproximadamente el 2.42% es ofertado mediante Biomasa, 0.16% Energía Eólica, 0.19% Minihidráulica, 0.09% mediante Energía Solar y finalmente 1.15% aportado mediante el Bloque de ERNC.

Para el año 2030 se puede ver que, se tiene una oferta energética de 247397.65 KBEP, con un aporte del 3.56 % de Biomasa, 0.14% mediante energía eólica, 0.17% Minihidráulica, 0.08% con Energía Solar, y 1.03% mediante el Bloque de ERNC.

La Energía restante para el año 2025 y 2030 se complementa mediante oferta energética de derivados de petróleo, gas natural e hidroenergía con el escenario tendencial.

En la Figura 3.7 se puede ver la matriz eléctrica para los años 2021, 2025 y 2030.

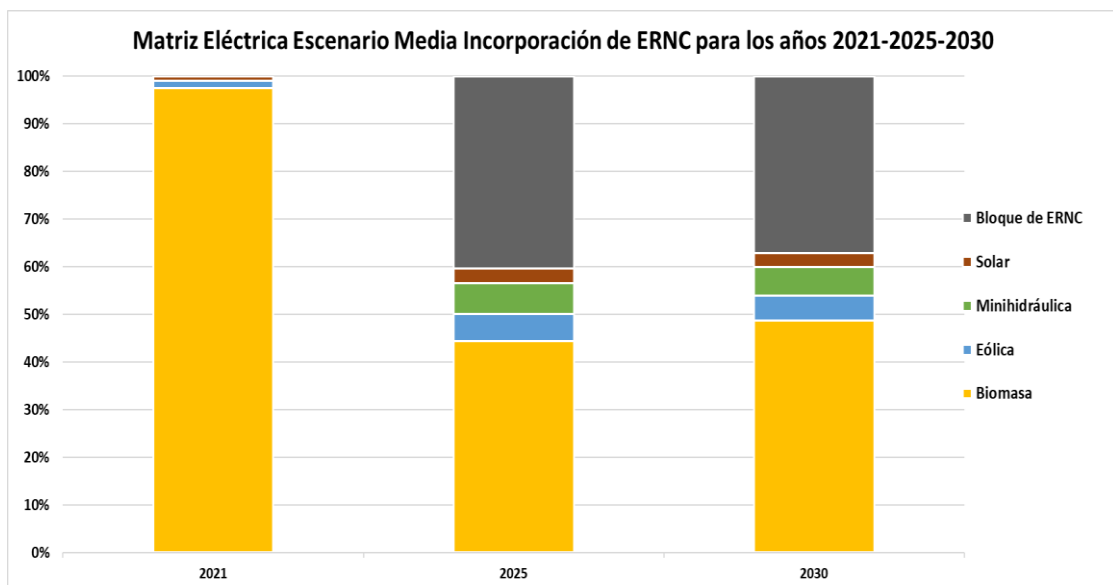


Figura 3.7. Matriz Eléctrica EIM de ERNC para los años 2021-2025-2030
(Fuente Propia)

La producción de energía eléctrica usando solamente ERNC es de aproximadamente 2503.88 KBEP para el año 2021, con 97.55% de Biomasa.

Esta situación cambia notoriamente para el año 2025. En dicho año la producción de energía eléctrica es de 6299.50 KBEP, en lo cual destaca que el 44.43% proviene de biomasa y el 40.33% proviene de la introducción de los Bloques de ERNC (I y II). Además, también se ve una notoria participación de las minihidráulicas con un 6.48%, eólica con 5.69%, energía solar con un 3.07%,

Para el año 2030 hay un incremento de la oferta eléctrica mediante ERNC a 6830.66 KBEP. En su mayoría su aporte sigue siendo notoriamente por biomasa tengo un 48.75%, el bloque de ERNC aporta en un 37.19%, seguido por las minihidráulicas que generan un 5.98% de dicha energía, la eólica con un 5.25% y la solar con un 2.83%.

En este caso fue notorio el aporte del Bloque de ERNC, estando casi a la par de la producción de energía eléctrica mediante biomasa y llegando a superar a la energía solar, minihidráulica, biomasa en ambos casos.

Con respecto a la biomasa, en la Figura 3.8 se puede ver a detalle qué tipo de biomasa es la que más aporta energía, siendo esta los productos de caña, seguido por la leña, el biogás y mínimamente el aceite de piñón.

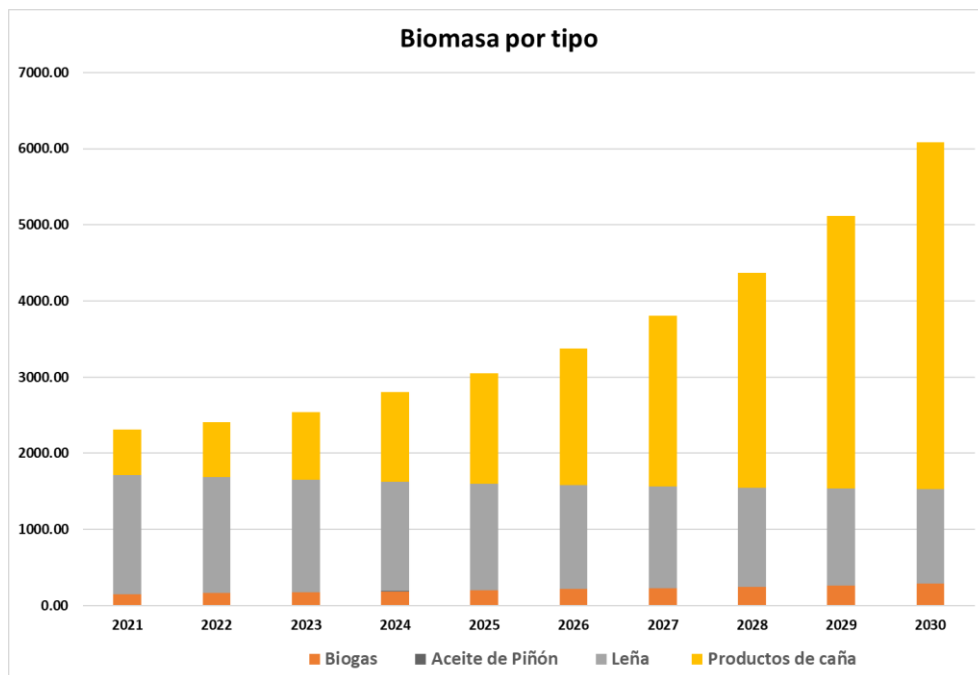


Figura 3.8. Biomasa por tipo
(Fuente Propia)

Se puede ver que con el incremento de la producción de bioetanol se ve incrementada la producción de bagazo de caña, el cuál es usado para generar calor y electricidad, haciendo que tenga un despunte en el año 2024. Como se puede ver la leña se conserva en su estado tendencial y se mantiene en descenso mientras que la producción de biogás se mantiene en aumento paulatinamente según la tendencia mantenida.

En la Figura 3.9 se puede ver la evolución de las ERNC desde el año 2018 al 2030, lo cual nos da una vista más clara de cómo va incrementándose la oferta energética de estas y en qué cantidades.

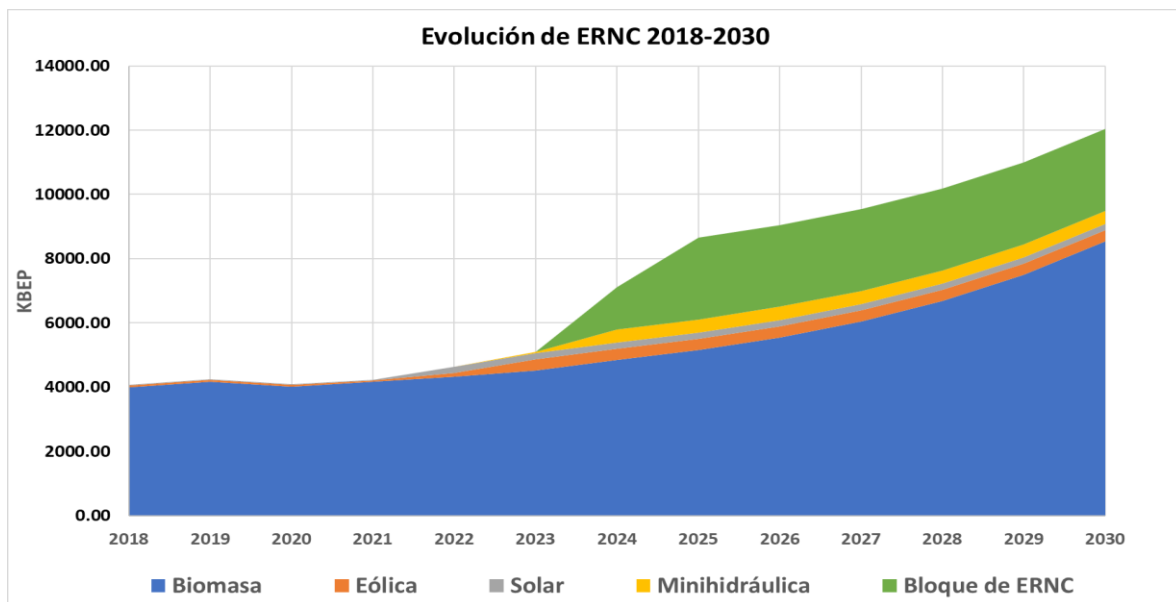


Figura 3.9. Evolución de ERNC 2018-2030

(Fuente Propia)

Como se dijo con anterioridad a partir de 2024 donde entra en operación el bloque de ERNC la oferta energética aumenta considerablemente, siendo un aporte importantísimo para mejorar la oferta energética del país. También es más evidente el enorme aporte de la biomasa principalmente apoyado en los productos de caña y así mismo el aporte de energía eólica y minihidráulica van a la par, dejando en un aporte muy pequeño, pero no insignificante de la Energía Solar.

3.1.1.3. Escenario de Incorporación Alta (EIA):

En base a los criterios planteados anteriormente con respecto al EIA se procede a presentar los resultados obtenidos.

En la Figura 3.10 se puede observar la matriz energética primaria para los años 2021, 2025 y 2030. La mayor parte de la oferta energética proviene del petróleo, gas natural e hidroenergía.

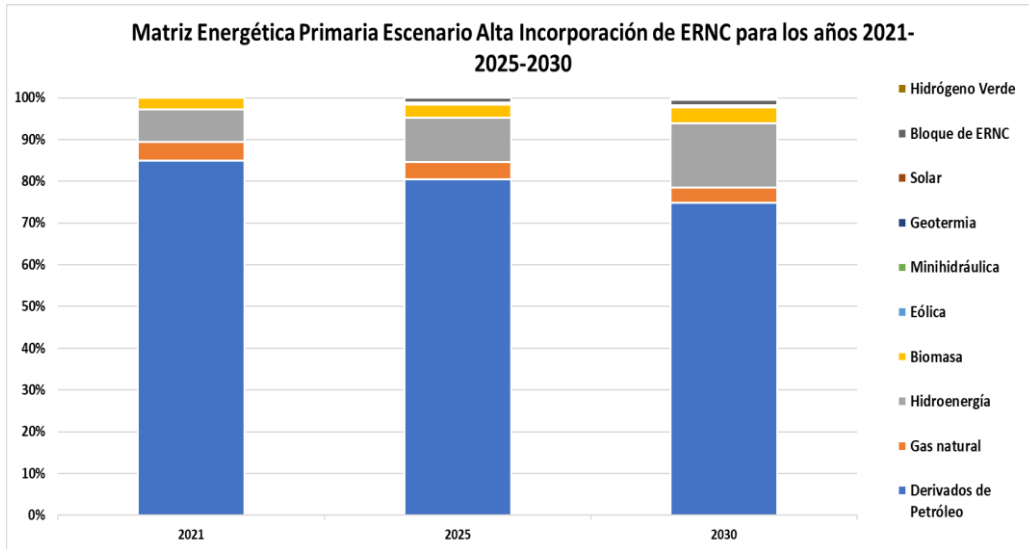


Figura 3.10. Matriz Energética Primaria EIA de ERNC para los años 2021-2025-2030
(Fuente Propia)

Teniendo el enfoque netamente en la producción de ERNC, para el año 2025 se estima una oferta energética primaria total de 222506.67 KBEP, de los cuales el 3.26% proviene de biomasa, el 1.14% proviene del bloque de ERNC, el 0.18% proviene de minihidráulicas, el 0.16% de energía eólica y el 0.09% de energía solar.

Analizando ahora el año 2030 se puede ver que existe una oferta de energía primaria de 250588.23 KBEP. Estos están divididos en 3.83% de Biomasa, 1.42%, proveniente del bloque de ERNC, 0.46% de hidrógeno verde, 0.16% de minihidráulicas, 0.14% energía eólica, 0.1% de geotermia 0.08% de energía solar.

Aquí es evidente que a diferencia del año 2025 aparece un aporte considerable de energía proveniente de hidrógeno verde, energía geotérmica y la introducción de los bloques de ERNC según el PME.

En la Figura 3.11 se puede observar la matriz eléctrica considerando el EIA:

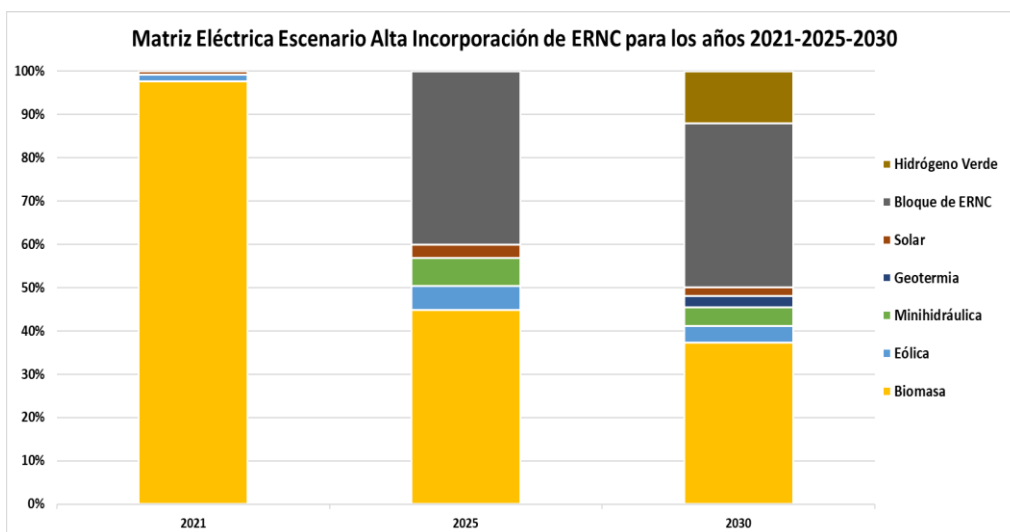


Figura 3.11. Matriz Eléctrica EIA de ERNC para los años 2021-2025-2030
(Fuente propia)

La oferta de energía eléctrica producida netamente por ERNC para el año 2025 es de 6338.54 KBEP, cómo aporte del 44.77% de biomasa, seguido de un 40.08% de los bloques de ERNC (I, II, I,IV), 6.44% de mini hidráulicas, 5.66% de energía eólica y 3.05% de energía solar.

Para el año 2030 se tiene una oferta energética de electricidad de 9416.63 KBEP, los cuales cual se encuentran distribuidos de la siguiente manera 37.72% proveniente del bloque de ERNC, 37.27% proveniente de la biomasa, 12.22% del hidrógeno verde, 4.34% proveniente de minihidráulicas 3.81% proveniente de energía eólica 2.59% proveniente de geotermia y 2.05% de energía solar.

En este caso se puede ver que la energía geotérmica llegó a superar al aporte de la energía solar, y que el aporte del bloque de ERNC llegó a superar a la producción energética de la biomasa neta. También cabe destacar que para el año 2030 el aporte del hidrógeno verde es considerable llegando a ser más importante incluso que rubros como la energía geotérmica, energía solar, minihidráulicas y energía eólica.

La Figura 3.12 hoy se puede analizar el tipo de biomasa que mayor energía produce, siendo esta los productos de caña encabezados principalmente por el bagazo de caña.

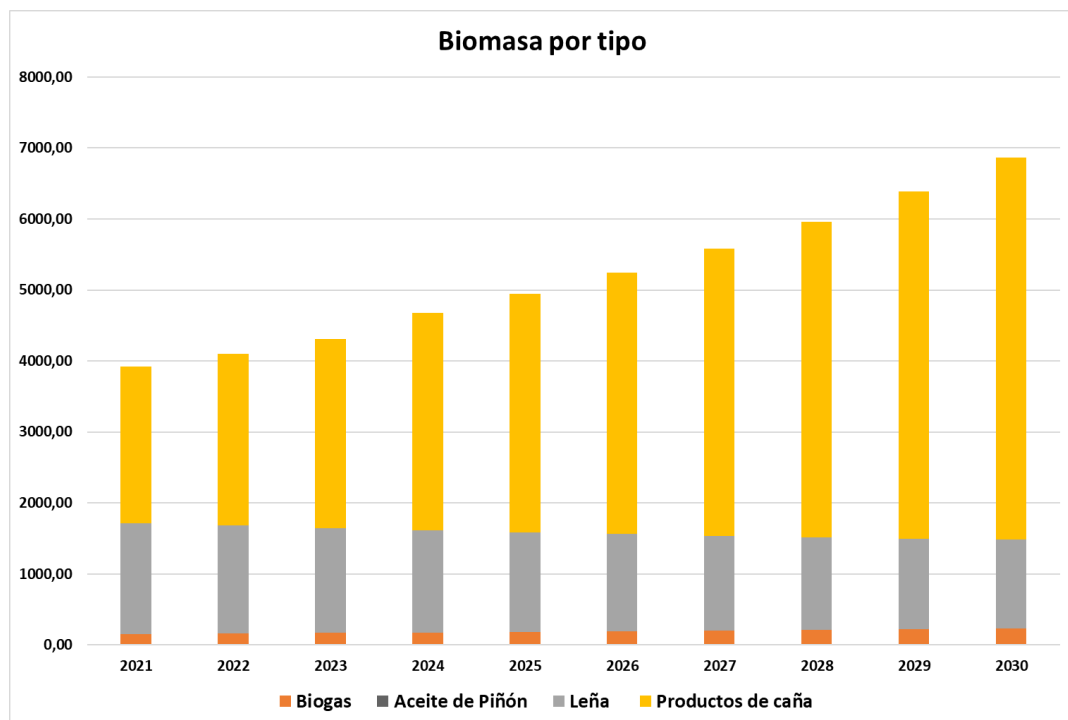


Figura 3.12. Biomasa por tipo

(Fuente propia)

Se puede ver que a partir de la consideración de la producción del 20% para la producción de bioetanol existe un incremento considerable a partir del año 2024, asimismo se conserva la tendencia de disminución de la necesidad de leña enfocada principalmente en la generación de calor. En una menor medida se puede ver el escenario tendencial del biogás y su aporte, así como también el pequeño aporte del aceite de piñón.

Asimismo, se puede apreciar de mejor manera la evolución de las ERNC desde el año 2018

hasta el 2030 en la Figura 3.13.

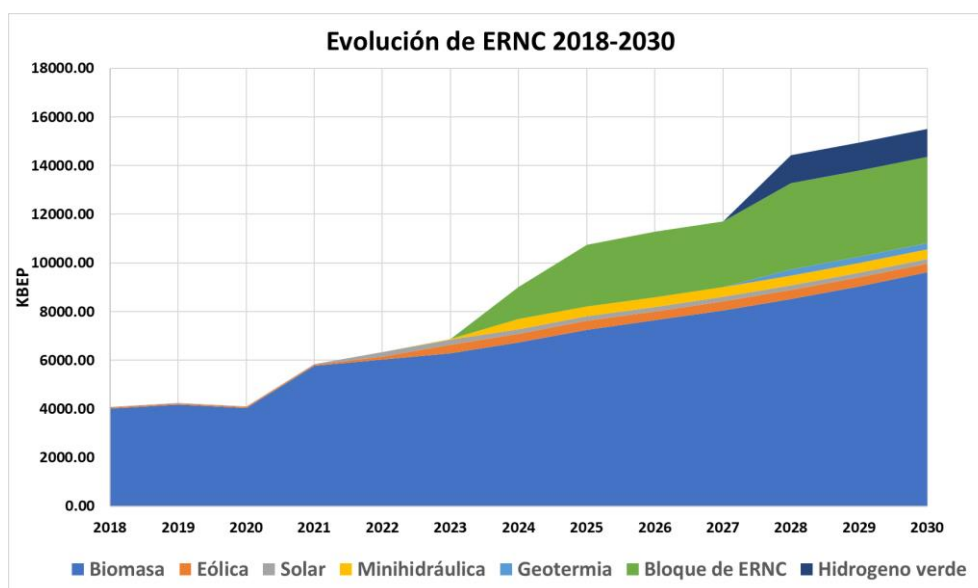


Figura 3.13. Evolución de ERNC 2018-2030

(Fuente propia)

Se puede apreciar el importante aporte de la biomasa la cual es mayoritaria en la producción de ERNC. A partir del año 2024 se ve un incremento en verde de la energía aportada por el bloque de ERNC, y posteriormente a partir de 2028 el importante aporte del hidrógeno verde llegando a superar así otras fuentes como se mencionó anteriormente.

3.1.2. Demanda:

Para el escenario de la demanda se considerará la tendencia de crecimiento histórica desde el año 2009 para tener resultados más confiables y con mayor relación a la coyuntura nacional.

Se tomará en cuenta principalmente los sectores transporte, Industrial, Residencial de manera independiente, ya que son las ramas donde mayor impacto tendrá con respecto a la oferta energética que se dispone con ERNC. Con respecto al último grupo considerado como Comercial-Servicios-Otros se incluyen sectores como: Comercial, Agro-Pesca-Minería y Otros Sectores.

Se tomará en cuenta principalmente la demanda de los energéticos que podrán ser ofertados mediante las ERNC.

En la Figura 3.14 se muestra la demanda energética del sector transporte.

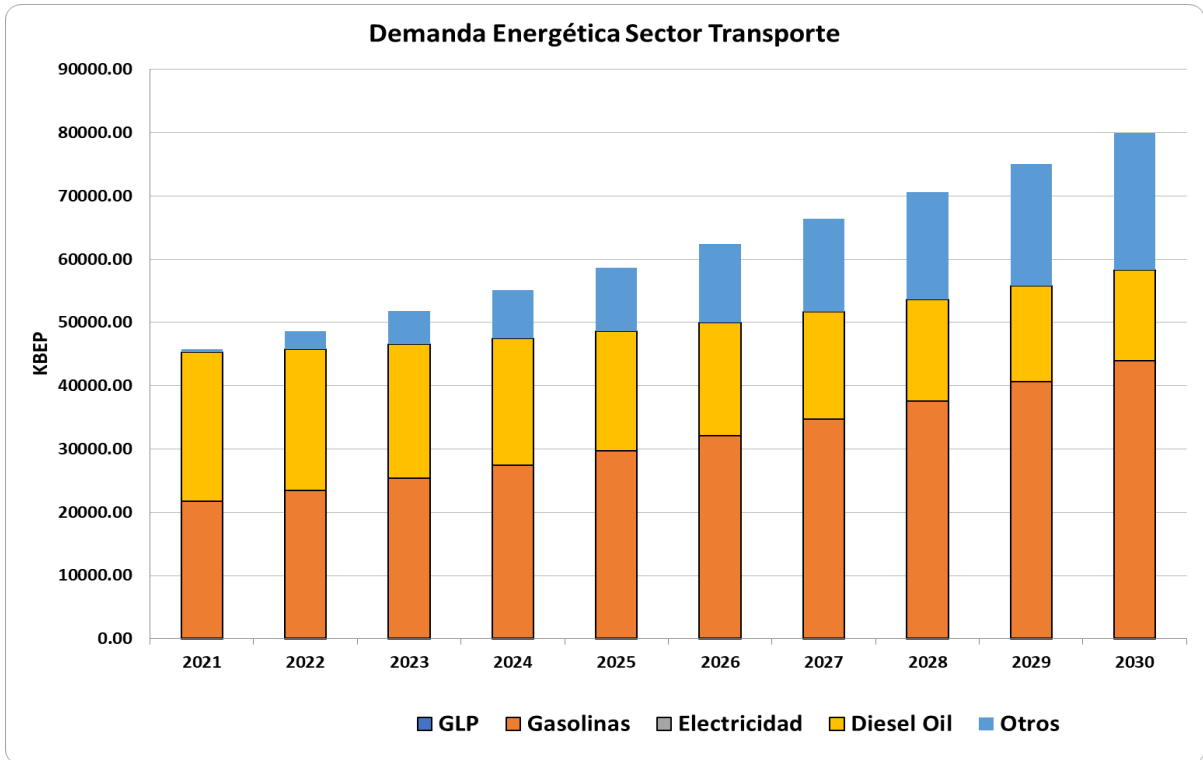


Figura 3.14. Demanda Energética Sector Transporte

(Fuente propia)

Se puede ver que los principales energéticos consumidos son la gasolina, el Diésel, GLP y la electricidad.

Para el año 2025 se espera que exista una demanda total del sector de 58603.05 KBEP, de los cuáles el 50.53% de la demanda proviene de gasolina, debido al gran número de vehículos privados y taxis existentes. El 36.26% proviene del Diésel, el cuál viene del área del transporte pesado, 0.14% de GLP y 0.01% de electricidad, usado por vehículos eléctricos en sus diferentes tipos.

En el año 2030 se ve que existe un incremento de la demanda a 79915.01 KBEP, de los cuáles así mismo, el 54.96% proviene de gasolina, 17.93% de Diésel y la demanda de electricidad se mantiene ínfima con el 0.011%.

Con respecto al sector industrial se puede observar en la Figura 3.15 que la mayor parte de la demanda energética para el año 2025 proviene de la electricidad, con un 50.29%, seguido del Diésel con un 16.09% el cuál es usado para generación de calor y electricidad, así mismo, se ve que los productos de caña, principalmente usando el bagazo llega a tener una demanda del 9.53%, el GLP ocupa el 5.36% con una tendencia a aumentar la demanda. Por otro lado, se ve que la demanda de leña llega a ocupar el 2.37% de la demanda energética, la demanda de gasolina tiene una disminución hasta llegar al 0.75%

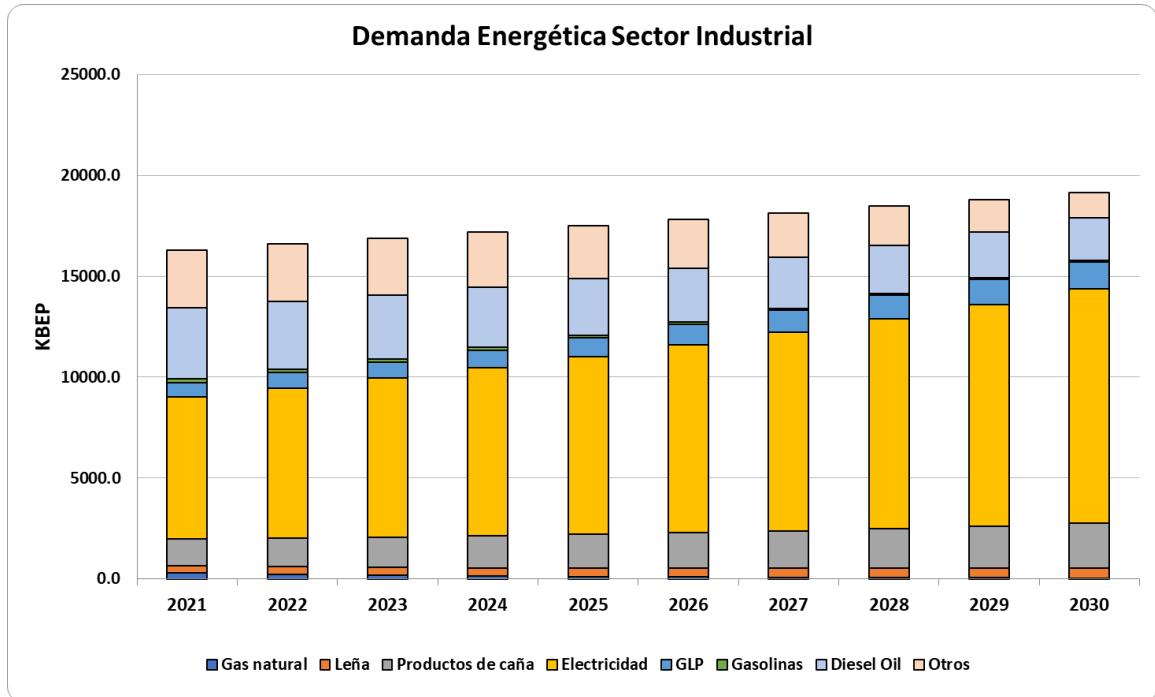


Figura 3.15. Demanda Energética Sector Industrial

(Fuente propia)

En el año 2030 se espera una demanda energética de 19135.4 KBEP la demanda energética más alta viene dada por la electricidad, con un 60.69%, seguido del Diésel con un 11.09%, así mismo, se ve que los productos de caña, tiene una demanda del 11.66%, el GLP ocupa el 6.94% aumentando el requerimiento de este energético. La demanda de leña llega a ocupar el 2.49% de la demanda energética, la cual va en aumento. La demanda de gasolina tiene una disminución hasta llegar al 0.46%.

En la Figura 3.16 se puede analizar el sector residencial la demanda energética llega a ser de 13516.96 KBEP, donde se aprecia que el energético que mayor demanda tiene para el año 2025 es el GLP con el 55.48%, seguido por el 44.52% de GLP. Con una mayor diferencia se ve que existe una disminución de la demanda de leña, la cual alcanza el 7.43%, la cual tiene una tendencia a la baja al igual que el Gas Natural.

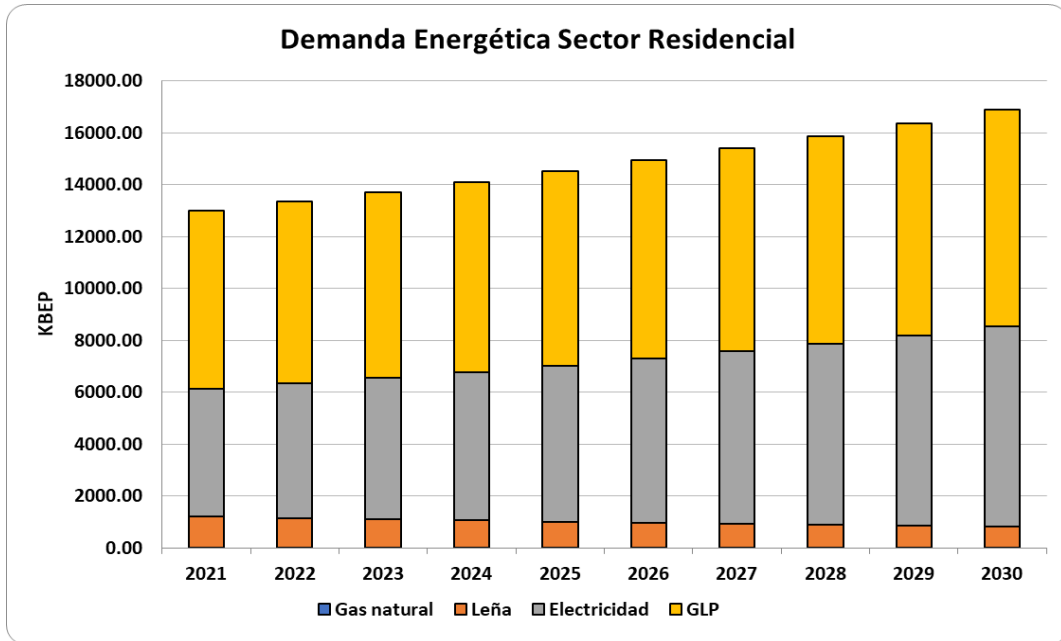


Figura 3.16. Demanda Energética Sector Residencial
(Fuente propia)

Para el año 2030 se puede observar que la demanda energética llega a ser de 16078.11 KBEP y con ello se observa que el energético que mayor demanda tiene para el año 2025 es el GLP con el 52.01%, seguido por el 47.99% de Electricidad. Se aprecia que existe una disminución de la demanda de leña, la cual alcanza el 5.04% de la demanda y con el 0.01% de la demanda de gas natural.

A continuación, en la Figura 3.17 se puede ver que la demanda del Sector Comercial-Servicios-Otros llega a ser de 11964.03 KBEP para el año 2025, de lo cual la demanda de electricidad es de un 45% demandado por el sector comercial, seguido por la demanda de gasolina, con un 40%. El Diésel y el GLP tienen una demanda pequeña las cuáles vienen dados por los sectores de Agro, pesca y ganadería principalmente.

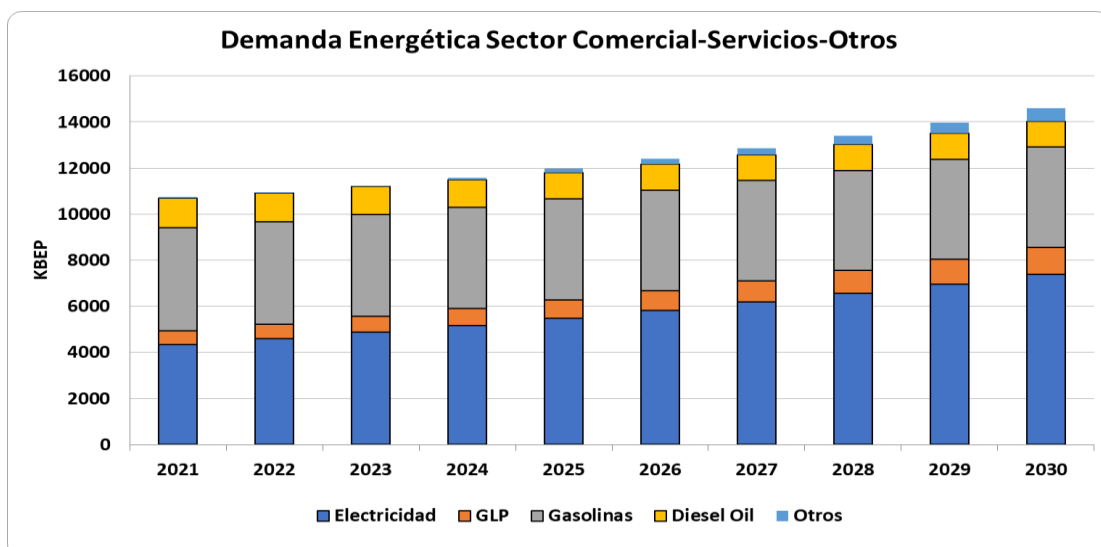


Figura 3.17. Demanda Energética Sector Comercial-Servicios-Otros
(Fuente propia)

Se puede observar que la demanda para el 2030 llega a ser de 14598.91 KBEP, la electricidad es demandada en un 45.92%, seguido por la demanda de gasolina, con un 42.23%. El Diésel y el GLP tienen una demanda pequeña las cuáles vienen dados por los sectores de Agro, pesca y ganadería principalmente.

3.1.3. Comparación de escenarios:

A continuación, se realiza un análisis sobre la oferta energética de ERNC con la demanda energética, la oferta de los diferentes escenarios BAU, EIM y EIA y también la comparación de los escenarios con la importación energética.

En la Figura 3.18 se aprecia la demanda energética con respecto a cada uno de los escenarios de oferta energética.

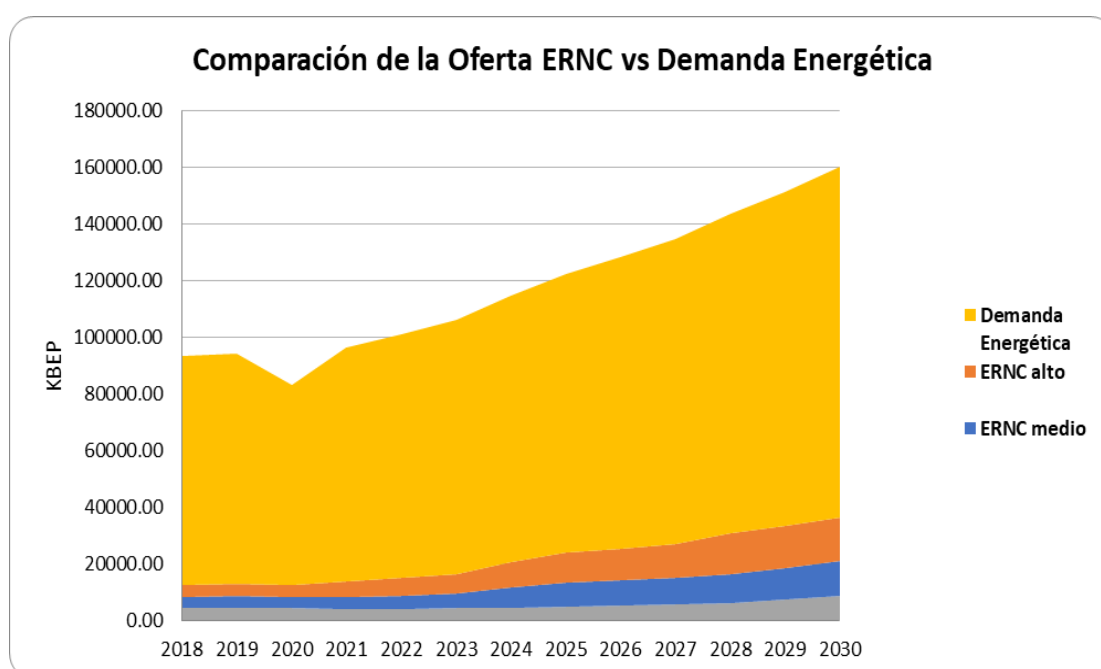


Figura 3.18. Comparación de la Oferta de ERNC vs Demanda Energética
(Fuente propia)

Como se preveía, el escenario BAU (gráfica gris) para el año 2025 llega a satisfacer apenas el 4.66% de la demanda, el EIM de ERNC llega a satisfacer el 8.99% y el EIA el 10.92%. Mientras que para el año 2030 esta tendencia sigue su crecimiento, el escenario BAU llega a satisfacer el 6.96% de la demanda, el EIM 9.93% y finalmente el EIA contribuye con el 12.51% del total.

A continuación, en la Figura 3.19 se puede observar el comportamiento de los tres escenarios comparados entre sí, de lo cual se puede destacar la gran diferencia que existe entre el EIA y el BAU.

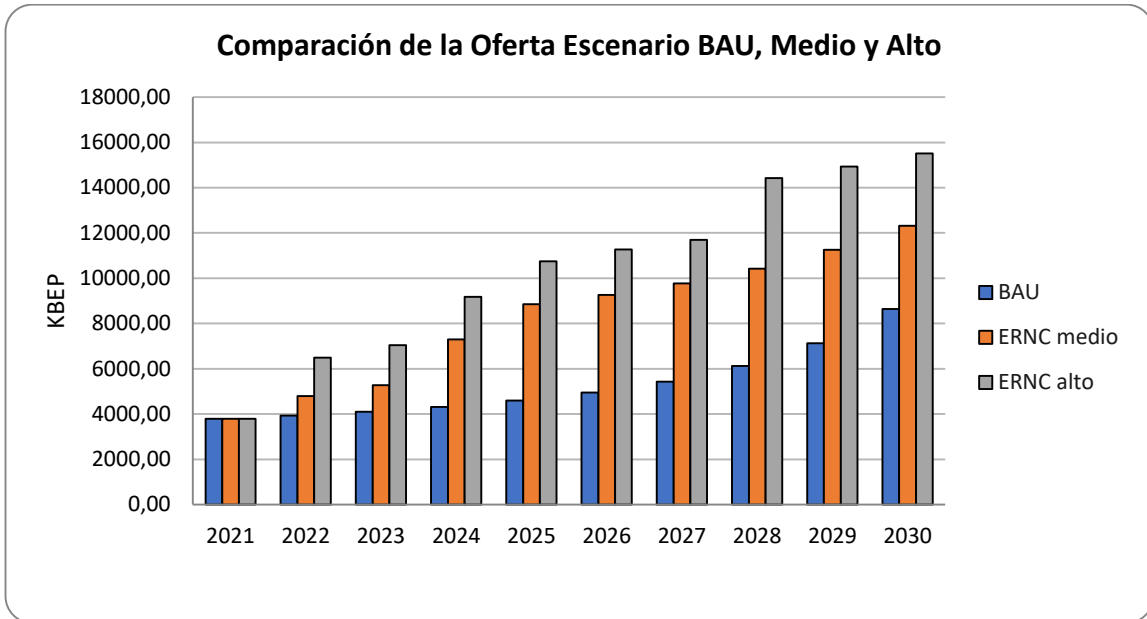


Figura 3.19. Comparación de la Oferta Escenario BAU, Medio y Alto
(Fuente propia).

Para el año 2025 se puede ver que el escenario BAU oferta el 42.7% de la oferta del EIA, mientras que el EIM representa el 82.34%. En el año 2030 la oferta del escenario BAU alcanza el 55.68% y el EIM alcanza el 79.43% comparados con el EIA.

En la Figura 3.20 se puede apreciar la comparación de la oferta energética de los escenarios BAU, EIM y EIA con la Importación energética.

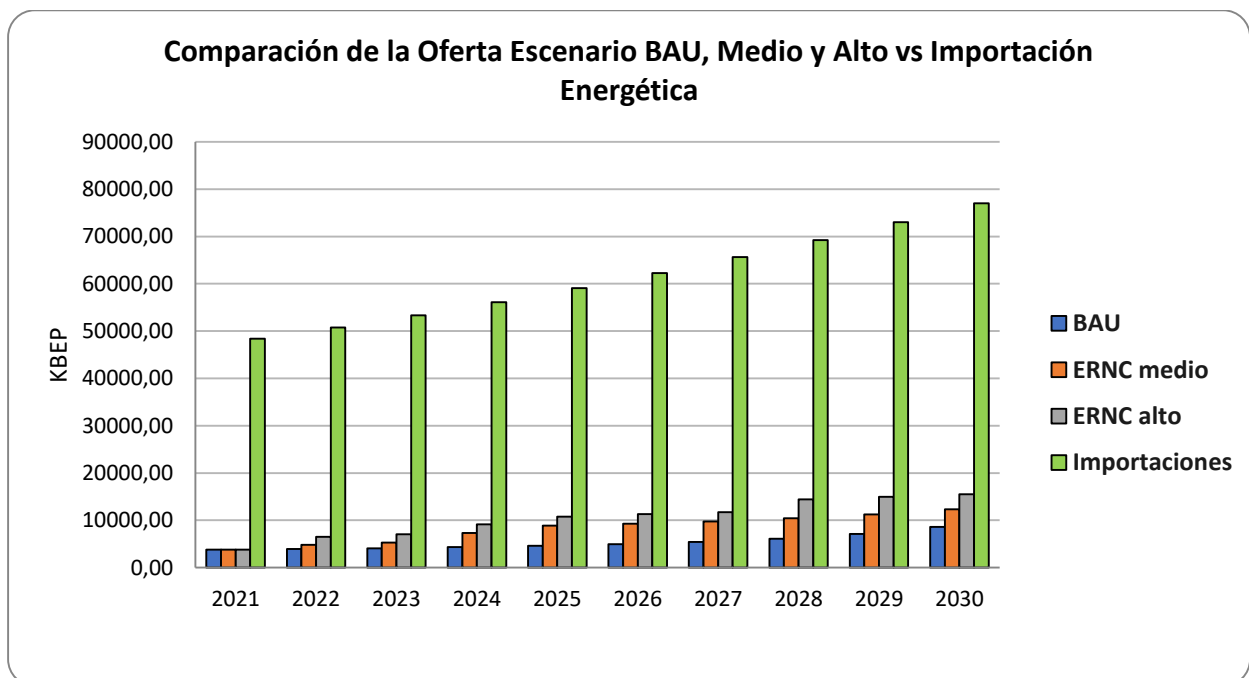


Figura 3.20. Comparación de la Oferta Escenario BAU, Medio y Alto vs Importación Energética
(Fuente propia).

Se observa que para el año 2025 el escenario BAU puede llegar a ofertar el 7.77%, el EIM el 14.97% y el EIA 18.18% de las importaciones proyectadas para dicho año, las cuales se

estiman en 59111.77 KBEP.

Para el año 2030 se estima que mientras el escenario BAU puede llegar a ofertar el 11.21%, el EIM el 15.99% y el EIA el 20.13% de las importaciones proyectadas para dicho año, las cuáles se estiman en 77034.16 KBEP.

3.2. Conclusiones

En el presente trabajo se realizó el análisis de la oferta energética del Ecuador para el año 2030 tomando en cuenta la oferta actual, para el año 2025 y para el año 2030 como divisiones temporales para un análisis más preciso. A su vez, se contrastó la oferta energética con la demanda y la importación energética para así tener una visión más clara del impacto de la entrada de operación de dichos energéticos pueden tener en estos rubros.

Con ello se han obtenido las siguientes conclusiones:

- Al abordar detenidamente la búsqueda de bibliografía oficial y actualizada se pudo ver una notoria escasez de información precisa y actualizada proveniente de fuentes oficiales del gobierno, en este caso para el año en el cual se está realizando esta investigación todavía el país se encuentra en el diseño de la planificación energética para el año 2050. Esto repercute en la precisión de los resultados obtenidos con respecto al futuro energético del Ecuador. Esta carencia de información actualizada lejos de la idea de que se quede como una observación, se lo hace a manera de llamar la atención para que las autoridades respectivas tomen cartas en el asunto ya que así se podrá garantizar un apoyo de mayor calidad con respecto a investigaciones futuras y con ello el aportar a soluciones viables y reales apoyadas por la academia y grupos privados de investigación.
- Se puede ver que existen varios tipos de ERNC tales como energía eólica, minihidráulicas, biomasa, hidrógeno verde, geotérmica, mareomotriz, las cuales año a año van mejorando su tecnología, haciendo cada vez más factible su implementación en diferentes entornos. Sin embargo, tomando como referencia al EIA, dentro del análisis hecho en el Ecuador, se pudo observar que los proyectos de ERNC que están propuestos hasta el 2030 dentro de la planificación energética más actualizada son de mayor a menor oferta energética: Biomasa, Hidrógeno Verde, Minihidráulica, Eólica, Geotermia y Solar. Esto nos indica que hay que poner una especial atención en la inversión en la investigación y construcción de proyectos que incluyan biomasa e hidrógeno verde especialmente, los cuales tienen un potencial destacado por sobre el resto. Es importante tomar en cuenta que con respecto al Bloque de ERNC dentro de este se encuentran integrados proyectos de biomasa, minihidráulicas, solar, eólica, los cuales de por sí ya aportan un gran potencial energético al momento de su integración, esto nos indica lo fundamental que puede ser su integración para antes del 2030, garantizando así una menor dependencia de las importaciones energéticas.
- Es evidente más no justificable que existen constantes retrasos en la implementación de

las ERNC debido a situaciones como la pandemia y sus consecuencias además de la constante inestabilidad política y problemas económicos que presenta el país, de acuerdo con la planificación energética planteada.

- Debido a la incertidumbre y la falta de información actualizada se proponen dos escenarios de oferta energética implementando diferentes tipos de ERNC, las cuales siguen una estimación de acuerdo con la planificación energética más actualizada y la probabilidad de que estas ingresen a operación. En ambos escenarios (Media y Alta Incorporación) es notorio que llegan a ofertar más energía que el escenario BAU, lo cual es algo esperable. La mayor parte de la oferta se da para un uso final de electricidad.
- Ambos escenarios de oferta energética no llegan a saciar toda la necesidad energética de la demanda, lo cual implica que el resto se tendrá que seguir generando mediante energías convencionales tales como derivados del petróleo, gas natural y energía renovable como la hidroenergía. Además, también tomando en cuenta la comparación con las importaciones energéticas se puede ver que la oferta también llega a ser pequeña especialmente debido a la gran demanda de combustibles fósiles tales como gasolinas, Diésel, GLP, etc.

3.3. Recomendaciones

- Para un análisis con mayor detalle se podría complementar este estudio junto con un análisis económico del impacto del costo de la introducción de esta de las ERNC y el ahorro que pueden llegar a generar.
- A partir de la información que salga más actualizada con respecto al balance energético nacional, agenda nacional, hojas de rutas de integración energética entre otros documentos oficiales se podría llegar a actualizar esta información para tener una proyección más acorde a la realidad, así como un análisis de la variación de las emisiones de GEI.
- Se podría llegar a seccionar de una forma más detallada el análisis de la demanda incluyendo la introducción de proyectos como calentamiento de agua con colectores solares, incremento de cocinas de inducción, eficiencia energética, electromovilidad, por nombrar algunos con el fin de reducir la dependencia de las energías convencionales.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acciona. (2020). *La importancia de las energías renovables*. Obtenido de Energías Renovables: https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?_adin=02021864894
- Arancibia Bulnes, C., & Best y Brown, R. (2010). *Energía del Sol*. Obtenido de https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf
- ARC. (2015). *Inventario de Recursos Energéticos del Ecuador con Fines de Producción Eléctrica*. Quito: Agencia de Regulación y Control de Electricidad. Obtenido de https://rise.esmap.org/data/files/library/ecuador/Energy%20Efficiency/Ecuador_Energy%20Resources%20Inventory.pdf
- ARCERNNR. (2022). *Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2021*. Quito. Obtenido de <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/04/Atlas2021.pdf>
- Atlas Solar del Ecuador*. (2008). Quito: Coporación para la Investigación Energética. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/65653836/Atlas-Solar-Ecuador#>
- Barragán Llanos, R., & Llanes Cedeño, E. (17 de Agosto de 2020). *La Generación de Energía Eléctrica para el Desarrollo Industrial en el Ecuador a partir del uso de las Energías Renovables*. Obtenido de Universidad, Ciencia y Tecnología: <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/364/759>
- Cañar Reinoso, D. (2014). *ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL ECUADOR*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Cuenca: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20895/1/Tesis.pdf>
- Carcelén, J., Prietocarrizosa, P., & Uría, S. (2022). Energía geotérmica en Ecuador, condiciones actuales y necesidad de una legislación específica. *Iuris Dictio*, 16.
- Castro, J. (2011). *Perspectivas de la demanda energética global*. Instituto de Planeamiento Estratégico (IPE). Obtenido de <https://www.petrotecnica.com.ar/febrero2011/sin/Demanda.pdf>
- Cayetano Espejo, M., García Marín, R., & Guerrero Aparicio, A. (2017). *El resurgimiento de la energía minihidráulica en España y su situación actual*. Obtenido de Scielo: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34022017000200007&script=sci_arttext
- Conserve Energy Future. (2023). Obtenido de <https://www.conserve-energy-future.com/pros-and-cons-of-wind-energy.php>: <https://www.conserve-energy-future.com/pros-and-cons-of-wind-energy.php>
- Energía Estratégica. (16 de Diciembre de 2021). Obtenido de Ecuador se compromete a impulsar más de 5500 MW de energías limpias al 2030: <https://www.energiaestrategica.com/ecuador-se-compromete-a-impulsar-mas-de-5500-mw-de-energias-limpias-al-2030/#:~:text=Ecuador-,Ecuador%20se%20compromete%20a%20impulsar%20m%C3%A1s%20de%205500%20MW%20de,de%20generaci%C3%B3n%20y%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%>
- Energy Tracker Asia. (9 de Febrero de 2023). *The Pros and Cons of Hydrogen Energy*. Obtenido de <https://energytracker.asia/pros-and-cons-of-hydrogen-energy/#:~:text=Hydrogen%20energy%20has%20many%20pros,in%20the%20global%20energy%20transition.>
- Energypedia. (12 de Marzo de 2017). *Micro Hydro Power (MHP) - Pros and Cons*. Obtenido de [https://energypedia.info/wiki/Micro_Hydro_Power_\(MHP\)_-_Pros_and_Cons](https://energypedia.info/wiki/Micro_Hydro_Power_(MHP)_-_Pros_and_Cons)
- Espinoza, V., Fontalvo, J., Martí-Herrero, J., & Ramírez, P. (2019). Future oil extraction in Ecuador using a Hubbert approach. *Elsevier*, 15.
- Flores González, F., & Montañón Ramón, H. (Junio de 2016). *Modelo para toma de decisiones para la implementación de proyectos de generación eléctrica mediante energía geotérmica: Caso Ecuador*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12755/1/UPS-CT006620.pdf>
- Flores Trejo, D. E., Fung González, M., & Barragán López, A. (2011). *Energía Solar, una Energía Alternativa Ante el Cambio Climático*. Juárez. Obtenido de <https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/367/290>
- Greenmatch. (25 de Abril de 2023). *Advantages and Disadvantages of Geothermal Energy – The Source of Renewable Heat*. Obtenido de

- <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2014/04/advantages-and-disadvantages-of-geothermal-energy>
- Hari Semesta. (2011). Obtenido de <https://harisemesta.wordpress.com/2011/03/28/software-perencanaan-energi-leap/>
- Haro Estrella, L. (2022). *FACTOR DE EMISIÓN DE CO2 DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO DE ECUADOR – INFORME 2021*.
- IEA. (25 de Mayo de 2023). *Global investment in clean energy is on course to rise to USD 1.7 trillion in 2023, with solar set to eclipse oil production for the first time*. Obtenido de IEA: <https://www.iea.org/news/clean-energy-investment-is-extending-its-lead-over-fossil-fuels-boosted-by-energy-security-strengths>
- INECEL. (2006). *Estudio del potencial Solar y Eólico del Ecuador*. Quito: Instituto Nacional de Electricidad.
- Iñesta Burgos, J., & García Fernández, P. A. (2002). *Energía Eólica*. Madrid: Madridinnova. Obtenido de <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2019/05/recorrido-de-la-energia-energia-eolica.pdf>
- Llanez Suárez, H. (01 de Septiembre de 2022). *Ecuador no tiene soberanía energética*. Obtenido de Vanguardista Online: <https://elvanguardistaonline.com/ecuador-no-tiene-soberania-energetica/#:~:text=En%20las%20%C3%BAltimas%20d%C3%A9cadas%20el,Ecuador%20hubiera%20llevado%20al%20petr%C3%B3leo>
- Lloret, A., & Labus, J. (2014). Short Course VI on Utilization of Low- and Medium-Enthalpy Geothermal Resources and Financial Aspects of Utilization. *United Nations University*, 499. Obtenido de Geothermal development in Ecuador: <http://collections.unu.edu/eserv/UNU:5544/ESSC2014.pdf>
- MEER. (2013). *Atlas Eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica*. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/355204005/ATLAS-EOLICO-ECUADOR-MEER-2013-pdf>
- MEER. (2014). *Atlas Bioenergético del Ecuador*. Quito: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/384245282/Atlas-Bioenergetico-Del-Ecuador>
- MEER. (2015). *Elaboración de la Prospectiva Energética del Ecuador 2012-2040*. Quito: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.
- MEM. (2022). *Balance Energético Nacional*. Quito: Ministerio de Energía y Minas. Obtenido de https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/Balance_Energie%CC%81tico_Nacional_2021-VF_opt.pdf
- MEM. (12 de Noviembre de 2022). *Ministerio de Energías y Minas*. Obtenido de Ecuador avanza en la implementación de un Bloque de Energías Renovables No Convencionales de 500 megavatios: [https://www.rekursyenergia.gob.ec/ecuador-avanza-en-la-implementacion-de-un-bloque-de-energias-renovables-no-convencionales-de-500-megavatios/#:~:text=El%20Bloque%20de%20Energ%C3%ADas%20Renovables,2.119%20megavatios%20hora%20\(MWh\)](https://www.rekursyenergia.gob.ec/ecuador-avanza-en-la-implementacion-de-un-bloque-de-energias-renovables-no-convencionales-de-500-megavatios/#:~:text=El%20Bloque%20de%20Energ%C3%ADas%20Renovables,2.119%20megavatios%20hora%20(MWh)).
- MEM. (2023). *Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde*. Quito: La Ince S.A.
- MERNNR. (2019). *Balance Energético Nacional*. Quito: Ministerio de Energías.
- MERNNR. (2021). Anexo-Ajustes del capítulo 4. En M. d. Renovables, *Plan Maestro de Electricidad*. Obtenido de <https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/08/Ajustes-tablas-PME.pdf>
- MERNNR. (2021). *Plan Estratégico Institucional 2021-2025*. Quito: Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables.
- MERNNR. (2021). *Proyectos Bloque ERNC I 500 MW*. Ministerio de Energías y Recursos Naturales No Renovables. Obtenido de <https://proyectos.energiayminas.gob.ec/descargaDocumento.php?nombre=brochureBloqueERNC.pdf&path=bloqueErnc>
- Ministerio de Energía Chile. (2015). *¿Qué son las Energías Renovables?* Obtenido de Ministerio de Energía: <https://energia.gob.cl/educacion/que-son-las-energias-renovables/#:~:text=Por%20otra%20parte%2C%20en%20el,la%20energ%C3%ADa%20de%20los%20mares>

- NDC Partner. (2018). *Long-Range Energy Alternatives Planning System (LEAP)*. Obtenido de <https://ndcpartnership.org/toolbox/long-range-energy-alternatives-planning-system-leap%C2%A0>
- OLADE. (2017). *Manual de Planificación Energética*. Quito.
- OLADE. (2020). *SAME*. Obtenido de <https://www.olade.org/same/>
- OSeMOSYS. (2018). Obtenido de <https://osemosys.readthedocs.io/en/latest/manual/Create%20a%20model%20in%20OSEMOSYS.html>
- OSeMOSYS. (2021). *Open Source Energy Modelling System*. Obtenido de <http://www.osemosys.org/>
- Parker, J. (16 de Marzo de 2023). *Build a Stash*. Obtenido de Advantages and Disadvantages of Biofuels: <https://www.buildastash.com/post/advantages-and-disadvantages-of-biofuels#:~:text=Advantages%20of%20biofuels%20are%20that,mismanagement%2C%20and%20are%20climate%20dependent>
- Peláez Samaniego, M., & Espinoza Abad, J. (2015). *Energías Renovables En El Ecuador*. Cuenca: ResearchGate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/291356953_Energia_solar_en_el_Ecuador
- Revista Electroindustria. (Mayo de 2005). *Energías Renovables Convencionales y No Convencionales*. Obtenido de <https://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=263#:~:text=Las%20Energ%C3%ADas%20Renovables%20se%20pueden,biomasa%20y%20la%20mini%20hidr%C3%A1ulica>
- Revista Líderes. (2013). *Generación no tradicional aporta poca energía al Ecuador*. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/generacion-tradicional-aporta-energia-ecuador.html>
- Roldán, P. (Septiembre de 2009). *Evaluación de las energías renovables no convencionales factibles de desarrollarse en el Ecuador*. Obtenido de Repositorio Digital EPN: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1123/1/CD-2606.pdf>
- Spiegeler, C., & Cifuentes, J. (2009). Definición e información de Energías Renovables. *Escuela de Estudios de Postgrado*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/35294536.pdf>
- Villate, J. L. (2009). *La Energía del Mar*. Obtenido de https://www.bizkaia21.eus/fitxategiak/09/bizkaia21/Territorio_Sostenible/dokumentuak/20100831170303081_primavera_2009_16.pdf?hash=c74956cf344832cf06aa7047ea465026
- Vivanco, E. (Agosto de 2020). Energías renovables y no renovables. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*, 9. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/29102/1/BCN_Energia_renovable_y_no_renovable_ventajas_y_desventajas_final.pdf

5. ANEXOS

ANEXO I.

Ejemplo de selección de cadenas energéticas (Fuente Propia)

Cadenas energéticas activas - Consumo

Tipo de fuente: Todos Uso final: Todos

Cadenas energéticas activas - Consumo								
	Actividad	Uso final	Tecnología	Petróleo	Gas natural	Carbón mineral	Nuclear	Hidroenergía
▶	Sector transporte	Transporte	Tecnología conv...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sector industrial	Uso general	Tecnología conv...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sector residencial	Uso general	Tecnología conv...	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sector comercial y servicios	Uso general	Tecnología conv...	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sector agro pesca y minería	Uso general	Tecnología conv...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sector construcción	Uso general	Tecnología conv...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Consumo no energético	Uso general	Tecnología conv...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ejemplo de Ingreso de Datos de Balance Energético Oferta (Fuente Propia)

Archivo Configuración Datos Proyección Simulación Reportes Gráficos Acerca de SAME

Información del caso Horizonte de estudio Información general Regiones Escenarios Cadenas energéticas activas - Consumo Datos del balance energético - Oferta

Datos del balance energético - Oferta

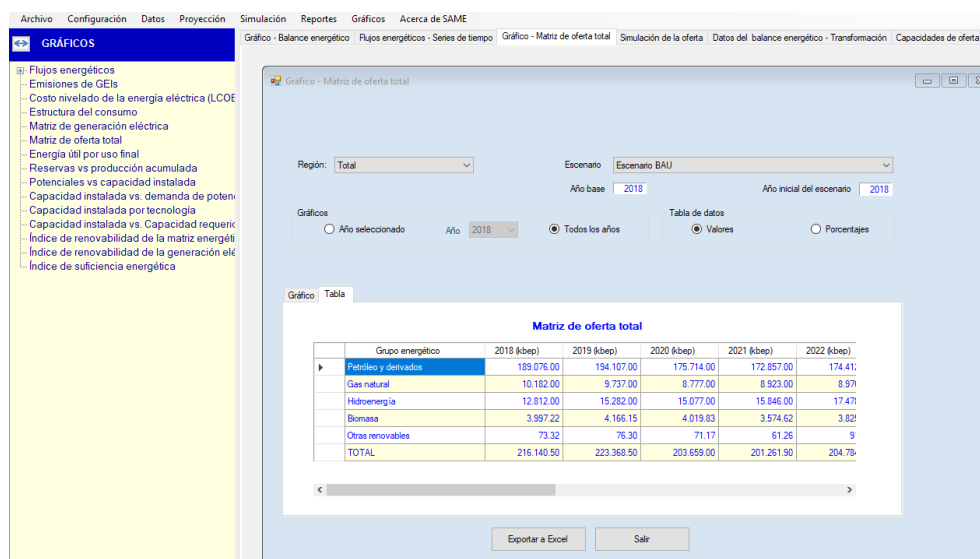
Escenario: Escenario BAU Región: Región 1

Tipo de fuente: Todos

Columnas: Fuentes Años Año base: 2018 Año: 2018

Datos del balance energético - Oferta							
	Actividad	Tecnología	Petróleo (kbep)	Gas natural (kbep)	Leña (kbep)	Productos de caña (kbep)	Otra biomasa (kbep)
▶	Producción primaria	Tecnología gene...	189076.00	10182.00	1743.00	2095.00	159.22

Ejemplo de matriz oferta total SAME (Fuente Propia)



ANEXO II.

Histórico Oferta primaria Usado en SAME (KBEP) (MEM, 2022)

Oferta primaria	2018	2019	2020	2021
Petróleo	189076	194107	175714	172857.00
Gas natural	10182	9737	8777	8923.00
Hidroenergía	12812	15282	15077	15846.00
Biomasa	3997.22	4166.37	4019.97	3723.45
Eólica	49.73	52.99	47.77	38.42
Solar	23.59	23.31	23.4	22.84

Histórico Demanda sector Transporte (KBEP) (MEM, 2022)

Transporte	2018	2019	2020	2021
Electricidad	7	7	7	6.80
GLP	44	50	54	95.10
Gasolinas	20854	21187	16596	21607.00
Diésel	24085	24453	20755	23609.00
Otros	722.00	726.00	332.00	407.10

Histórico Demanda sector Industrial (KBEP) (MEM, 2022)

Industria	2018	2019	2020	2021
Gas natural	338	272	163	285.0
Leña	351	358	365	372.0
Productos de caña	1415	1543	1566	1321.0
Electricidad	6195	6438	6284	7051.6
GLP	683	714	636	710.6
Gasolinas	106	147	129	178.8
Diésel	4406	3793	3701	3532.3
Otros	4692.0	4616.0	4579.0	2845.7

Histórico Demanda sector Residencial (KBEP) (MEM, 2022)

Residencial	2018	2019	2020	2021
Gas natural	4	4	3	4.00
Leña	1.914	1.331	1.264	1193.00
Electricidad	4.585	4.744	4.996	4931.50
GLP	6.405	6608	6740	6874.60

Histórico Demanda sector Consumo propio, comercial-servicios públicos, agro, pesca y minería, otro (KBEP) (MEM, 2022)

Consumo propio, comercial-servicios públicos, agro, pesca y minería, otro	2018	2019	2020	2021
Electricidad	4299	4488	4119	4331
GLP	593	609	547	599
Gasolinas	6856.00	6534.00	5164.00	4470.00

Diésel	1427.00	1314.00	908.00	1300.00
Otros	47.00	49.00	47.00	55.00

Factores de planta usados SAME (MEM, 2023)

Minihidráulica	68
Solar	24
Eólica	59
Biomasa	70
Geotermia	85