

UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**“ANÁLISIS PARA VIABILIZAR UN SISTEMA ENERGÉTICO 100%  
RENOVABLE PARA LA AMAZONÍA ECUATORIANA AL AÑO 2050”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**AUTOR: JONATHAN FERNANDO CASTRO YUPANGUI.**

**DIRECTOR: ING. DANIEL ORLANDO ICAZA ALVAREZ MGS.**

**CUENCA - ECUADOR**

**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESAROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**ANÁLISIS PARA VIABILIZAR UN SISTEMA ENERGÉTICO 100%  
RENOVABLE PARA LA AMAZONÍA ECUATORIANA AL AÑO 2050**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**AUTOR: JONATHAN FERNANDO CASTRO YUPANGUI.**

**DIRECTOR: ING. DANIEL ORLANDO ICAZA ALVAREZ MGS.**

**CUENCA – ECUADOR**

**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## **DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD**

Jonathan Fernando Castro Yupangui portador de la cédula de ciudadanía N° 1400974463. Declaro ser el autor de la tesis: “Análisis para viabilizar un sistema energético 100% renovable para la Amazonia Ecuatoriana al año 2050”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 5 de octubre de 2022

F:  .....

Jonathan Fernando Castro Yupangui

1400974463

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jonathan Fernando Castro Yupangui, bajo mi supervisión.



---

**Ing. Daniel Icaza Álvarez MsC.**

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a todas las personas que han sido mi apoyo a lo largo de esta etapa de mi vida, en especial a mi familia y a las personas que han aportado para mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a las personas que han formado parte de este proceso para la obtención de mi título como ingeniero, docentes, compañeros, amigos y personal administrativo, por brindarme su apoyo para cumplir esta meta.

A todos, muchas gracias.

## RESUMEN

El Sector Energético del Ecuador depende aún del consumo de combustibles fósiles, por lo tanto, el ingreso de las fuentes renovables no alcanza un desarrollo completo, las limitantes para salir de esta forma ya acostumbrada a combustibles fósiles pueden ser causados por factores como sistemas conservadores, políticos y regulatorios, que plantean una realidad a un futuro, por otra parte, el ingreso de las energías renovables con paso firme está cambiando esa visión. El Ecuador por su situación geográfica es rico en recursos renovables que deben ser explorados y desarrollados con la mejor tecnología, estos recursos tanto solar, eólico, geotérmico y gas natural deben ser incluidos en la matriz energética, como ya es una realidad si se habla de los sistemas hidroeléctricos, que ocupan el 95% de la matriz energética del país. El presente trabajo considera el sureste del país en la Amazonía Ecuatoriana, donde aún se encuentran recursos renovables aún no explorados y desarrollándolos deberían ser considerados en plan energético ecuatoriano para un umbral de por lo menos 50 años. El aporte de la zona Amazónica para la proyección de implementación de nuevas centrales de energía renovables y la creación de una normativa para la construcción de nuevas centrales de generación eléctrica permite analizar una posible realidad a un horizonte en el año 2050 con la utilización de generación 100% renovable.

*Palabras clave:* energía eléctrica, recursos energéticos, amazonía, energía renovables.

## ABSTRACT

The Ecuadorian Energy Industry still relies on the consumption of fossil fuels; therefore, renewable energy sources are not fully developed. The constraints to overcome this habitual use of fossil fuels may be related to factors such as conservative, political, and regulatory systems that set a new reality towards the future. On the other hand, renewable energies are changing this vision strongly. Due to its geographical location, Ecuador is rich in renewable resources that should be explored and developed using the latest technology. These resources, including solar, wind, geothermal, and natural gas, should be included in the energy grid, considering that hydroelectric systems already represent 95% of the country's energy grid. This study focuses on the southeast of the country in the Ecuadorian Amazon, where there are still unexplored renewable resources, and their development should be considered in the Ecuadorian energy plan over at least 50 years. The Amazon region's role in the projection of implementing new renewable energy plants and establishing regulations concerning the construction of new power generation plants allows the analysis of a possible horizon in 2050 with the use of 100% renewable energy generation.

*Keywords:* electric power, energy resources, amazon, renewable energy.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

### Tabla de contenido

CERTIFICACIÓN .....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTOS .....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT .....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	IX
LISTA DE FIGURAS .....	XI
LISTA DE TABLAS .....	XIII
LISTA DE ANEXOS.....	XIV
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4 ALCANCE.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	3
1.5.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.5.2 <i>Objetivo específico</i> .....	4
1.6 GENERALIDADES DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.....	4
1.6.1 <i>Sistemas fotovoltaicos</i> .....	6
1.6.2 <i>La energía eólica</i> .....	7
1.6.3 <i>La energía biomasa</i> .....	8
1.6.4 <i>La energía hidroeléctrica</i> .....	9
1.6.5 <i>La energía hidrógeno-electrolítico</i> .....	10
1.6.6 <i>La energía Geotérmica</i> .....	10
1.6.7 <i>La energía de las mareas</i> .....	11
1.7 ANTECEDENTES DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.....	13
1.8 LA ENERGÍA EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE.....	15
1.8.1 <i>América Central</i> .....	17
1.8.2 <i>Zona Andina</i> .....	18
1.8.3 <i>Zona del Cono Sur</i> .....	20

1.8.4 El Caribe .....	23
1.8.5 Brasil .....	26
1.8.6 México .....	29
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>35</b>
<b>2 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL.....</b>	<b>35</b>
2.1 ANÁLISIS DEL ESTADO INICIAL DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RELACIONADOS CON LA AMAZONÍA ECUATORIANA.....	35
2.2 CONDICIONES GENERALES Y LA INCIDENCIA DEL PETRÓLEO.....	40
2.3 POTENCIALIDADES ENERGÉTICAS EN LA AMAZONIA ECUATORIANA.....	41
2.3.1 Energía eólica.....	43
2.3.2 Energía solar .....	45
2.3.3 Energía geotérmica .....	47
2.3.4 Energía de Biomasa.....	49
2.3.5 Energía hidroeléctrica.....	50
2.4 LAS ENERGÍAS RENOVABLES COMO UNA APUESTA AL FUTURO DE LA REGIÓN.....	52
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>54</b>
<b>3 MODELADO Y SIMULACIÓN .....</b>	<b>54</b>
3.1 METODOLOGÍA.....	54
3.2 ANTECEDENTES DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.....	54
3.3 ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL PROYECTO EN LAS ZONAS DE ESTUDIO.....	57
3.4 SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN 100% RENOVABLES.....	61
1.7 RESULTADOS OBTENIDOS.....	68
1.8 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	73
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>83</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PLANTA SOLAR DE 424MW .....	5
FIGURA 2. DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO. ....	7
FIGURA 3. CENTRAL DE ENERGÍA EÓLICA.....	8
FIGURA 4. CAPACIDAD DE PARTICIPACIÓN ENERGÍAS RENOVABLES 2001-2020 .....	12
FIGURA 5. UTILIZACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES POR TECNOLOGÍAS 2012-2019.....	12
FIGURA 6. CAPACIDAD DE GENERACIÓN ELÉCTRICA INSTALADA EN LAC .....	15
FIGURA 7. PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A NIVEL MUNDIAL EN EL 2050 .....	16
FIGURA 8. PROYECCIÓN DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA AMÉRICA CENTRAL .....	17
FIGURA 9. PROYECCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	18
FIGURA 10. PROYECCIÓN DEL CONSUMO FINAL ZONA ANDINA .....	19
FIGURA 11. CAPACIDAD INSTALADA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA ZONA ANDINA. ....	20
FIGURA 12. PROYECCIÓN DE CONSUMO FINAL DE ENERGÍA ZONA CONO SUR.....	21
FIGURA 13. PROYECCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CONO SUR.....	22
FIGURA 14. GENERACIÓN ELÉCTRICA CONO SUR RENOVABLES.....	23
FIGURA 15. PROYECCIÓN DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA ZONA EL CARIBE.....	24
FIGURA 16. PROYECCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA ZONA EL CARIBE.....	25
FIGURA 17. PROYECCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES ZONA EL CARIBE .....	26
FIGURA 18. PROYECCIÓN DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA ZONA BRASIL .....	27
FIGURA 19. PROYECCIÓN DE CONSUMO FINAL DE ENERGÍA ZONA BRASIL.....	27
FIGURA 20. PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA ZONA BRASIL .....	28
FIGURA 21. PROYECCIÓN DE LA OFERTA TOTAL DE ENERGÍA .....	29
FIGURA 22. PROYECCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA EN MÉXICO .....	30
FIGURA 23. PROYECCIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN MÉXICO. ....	31
FIGURA 24. PORCENTAJE DE RENOVABLE EN LA CAPACIDAD INSTALADA EN MÉXICO.....	32
FIGURA 25. PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN MÉXICO.....	33
FIGURA 26. PORCENTAJE RENOVABLE DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN MÉXICO.....	34

FIGURA 27. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD DE POTENCIA EFECTIVA EN EL SNI 2008-2018 .....	36
FIGURA 28. POTENCIA NOM. CENTRALES DE GENERACIÓN, ENERGÍA RENOVABLE POR PROVINCIA (MW). ...	42
FIGURA 29. POTENCIA NOMINAL DE CENTRALES DE GENERACIÓN NO RENOVABLE POR PROVINCIA .....	43
FIGURA 30. DENSIDAD DE POTENCIA MEDIA ANUAL DEL ECUADOR AMAZONÍA .....	44
FIGURA. 31. ATLAS SOLAR DEL ECUADOR REGIÓN AMAZÓNICA. ....	45
FIGURA 32. INSOLACIÓN MEDIA ANUAL TOTAL EN ECUADOR. ....	46
FIGURA 33. ÁREAS DE INTERÉS GEOTÉRMICO, (LAS ELIPSES GRUPO A Y LÍNEA DISCONTINUA GRUPO B). .....	48
FIGURA 34. DENSIDAD DE PRODUCCIÓN DE H <sub>2</sub> POR PROVINCIA – GASIFICACIÓN (TON/AÑO KM <sup>2</sup> ).....	50
FIGURA 35. ESTRUCTURA DEL ENERGYPLAN.....	58
FIGURA 36. DEMANDA ELÉCTRICA U IMPORTACIÓN/EXPORTACIÓN. ....	62
FIGURA 37. CONSUMOS DE INDUSTRIA Y COMBUSTIBLE .....	62
FIGURA 38. VARIABLES DE ELECTRICIDAD FUENTES RENOVABLES .....	63
FIGURA 39. COSTOS Y COSTOS DE OPERACIÓN- MANTENIMIENTO.....	64
FIGURA 40. MAPA DE TEMPERATURA DEL ECUADOR.....	65
FIGURA 41. MAPA DE PRECIPITACIONES.....	65
FIGURA 42. SIMULACIÓN EN ENERGYPLAN AÑO BASE 2020.....	69
FIGURA 43. SIMULACIÓN ENERGYPLAN MES MARZO REGIÓN AMAZONÍA. ....	70
FIGURA 44. SIMULACIÓN MES DE NOVIEMBRE REGIÓN AMAZÓNICA .....	71
FIGURA 45. SIMULACIÓN MES DE FEBRERO REGIÓN AMAZÓNICA.....	72
FIGURA 46. RESULTADOS DE CAPACIDAD INSTALADA.....	75
FIGURA 47. PRODUCCIÓN ELÉCTRICA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA.....	76
FIGURA 48. MIX DE GENERACION ELECTRICA EN GWH EN LA REGIÓN AMAZÓNICA. ....	77
FIGURA 49. MIX DE CAPACIDAD INSTALADA EN MW EN LA REGIÓN AMAZÓNICA. ....	77

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. POTENCIALES ENERGETICOS DE LA BIOMASA.....	9
TABLA 2. POTENCIA EFECTIVA POR TIPO DE FUENTE MW .....	37
TABLA 3. POTENCIA NOMINAL Y EFECTIVA POR TIPO DE FUENTE 2020.....	37
TABLA 4. POTENCIA Y NUMERO DE CENTRALES POR PROVINCIA Y TIPO DE FUENTE DE ENERGÍA 2020. ....	38
TABLA 5. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA BRUTA POR TIPO DE CENTRAL .....	38
TABLA 6. PROYECTOS EMBLEMÁTICOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	39
TABLA 7. COBERTURA DEL SERVICIO ELÉCTRICO 2018.....	39
TABLA 8. CONSUMO DE COMBUSTIBLE UTILIZADA EN GENERACIÓN ELÉCTRICA. ....	40
TABLA 9. POTENCIA EFECTIVA NACIONAL EN MW.....	41
TABLA 10. IRRADIACIÓN SOLAR MEDIA SEGÚN LA ZONA. ....	46
TABLA 11. PRODUCCIÓN FOTOVOLTAICA POR PROVINCIA. ....	47
TABLA 12. ESTADO ACTUAL DE LA EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA EN EL ECUADOR .....	49
TABLA 13. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN LA AMAZONIA .....	52
TABLA 14. CONSUMO DE ENERGÍA POR PROVINCIA EN AMAZONÍA GWH .....	53
TABLA 15. DISEÑOS EJEMPLARES DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS .....	55
TABLA 16. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN LA AMAZONÍA CONELEC (2008) .....	55
TABLA 17. CENTRALES POR GENERACIÓN EN LA AMAZONÍA .....	66
TABLA 18. PRODUCCIÓN DE GENERACIÓN POR CENTRALES EN LA AMAZONÍA .....	66
TABLA 19. PRODUCCIÓN DE GENERACIÓN POR CENTRALES EN LA AMAZONÍA .....	67
TABLA 20. VALORES DE REFERENCIA EN EL MODELO ENERGYPLAN .....	73
TABLA 21. RESULTADOS DE SIMULACIÓN.....	73
TABLA 22. RESULTADOS DE ENERGÍAS RENOVABLES REGIÓN AMAZÓNICA .....	74

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. INFRAESTRUCTURA DE CENTRALES GENERACIÓN REGIÓN AMAZÓNICA POR PROVINCIA.....	83
ANEXO 2. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN CENTRALES REGIÓN AMAZONÍA POR PROVINCIA. ....	87
ANEXO 3. CONSUMO DE COMBUSTIBLES REGIÓN AMAZÓNICA POR PROVINCIA. ....	89
ANEXO 4. CURVAS DE SIMULACIÓN AÑOS 2030,2040 Y 2050 .....	95
ANEXO 5. RESULTADOS DE SIMULACIÓN AÑOS 2030,2040 Y 2050.....	110
ANEXO 6. DATOS AMBIENTALES DE LAS PROVINCIAS DE LA REGIÓN AMAZÓNICA.....	113

## **CAPITULO I.**

### **1. INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo de investigación de titulación, se presenta en el primer capítulo todo sobre las generalidades de las energías renovables, la justificación del porque se hace este proyecto y los antecedentes de las energías renovables y de su estado situacional de la energía en Latinoamérica y el Caribe.

En el siguiente capítulo trataremos los temas como el diagnóstico situacional del análisis del estado inicial de los sistemas de generación de energía relacionados con la Amazonia Ecuatoriana como las condiciones generales y la incidencia del petróleo, además como las potencialidades energéticas en la Amazonia Ecuatoriana en las cuales trataremos las posibles fuentes de generación y las energías renovables como una apuesta al futuro de la región.

En el capítulo tres trataremos el modelado y simulación de nuestro sistema 100% renovables, también se analizara los antecedentes de las energías renovables de como los habitantes de la Amazonia pueden producir su propia energía renovable con lo cual se hace el análisis de viabilidad del proyecto en la zona de estudio con lo cual podremos hacer la simulación de sistemas de generación 100% renovable teniendo como año base el 2020 marcando como propósito hasta el año 2050, esto nos permite tener los resultados con lo cual obtenemos que nuestro objetivo si es posible de llegar hasta el 2050 con una matriz 100% de energía renovable, lo cual nos permite hacer la interpretación de los resultados obtenidos en la simulación.

En la actualidad el suministro de energía eléctrica convencional se está modernizando conforme va evolucionando las distintas formas de generación eléctrica, las cuales son sustituidas por sistemas de generación a través de fuentes renovables.

En el Ecuador los últimos años se ha fomentado la producción de energía eléctrica mediante el uso de recursos renovables, pueden ser utilizados tanto en la zona urbana como en la zona rural por la facilidad de adquirir los equipos en el mercado en pequeña y gran escala. Por ejemplo, actualmente en el Oriente Ecuatoriano ya tenemos este tipo de sistemas de generación los cuales están totalmente aislados de la red.

Las reformas ambientales han motivado al cliente a dejar de ser un actor pasivo en el consumo de energía eléctrica sino más bien un ente activo en la producción de energía eléctrica mediante el uso de recursos renovables, con el objetivo de reducir costos en sus planillas y apoyar con el cuidado del medio ambiente reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En este trabajo se opta por realizar un análisis el cual se da a partir de una necesidad de cambiar la matriz energética que utiliza fuentes no renovables, por una matriz energética 100% renovable, partiendo como año base el 2020 con lo cual marcamos un propósito hasta el año 2050 para llegar a un sistema en el cual nuestra matriz energética utiliza las fuentes renovables como principal recurso para la generación eléctrica.

En nuestra proyección utilizaremos en software EnergyPLAN con el cual obtendremos nuestras curvas de generación, consumo y exportación de energía eléctrica para los años 2020, 2030, 2040 y 2050.

### **1.1 Formulación del problema.**

La necesidad de cambiar la matriz energética, dejando de utilizar los combustibles fósiles como fuentes de generación eléctrica, transporte y el GLP, por una matriz energética 100% renovable y más amigable con el medio ambiente.

### **1.2 Delimitación del problema.**

Este trabajo de investigación pretende analizar, identificar y solucionar una alternativa del uso de la energía eléctrica en el año 2050 y de esta manera se pueda aportar con la conservación del medio ambiente, se pretende determinar el uso de las energías renovables las mismas que son amigables con el medio ambiente y dejando de utilizar los combustibles fósiles en gran medida como fuente de generación eléctrica.

Esta investigación se centrará en la Amazonia Ecuatoriana, donde existe mayor índice de pobreza y falta de desarrollo tecnológico ya que en algunas de estas zonas no cuentan con un suministro eléctrico, por ello con este proyecto se pretende realizar una proyección de un sistema de generación 100 % renovable.

### **1.3 Justificación.**

En la Amazonia Ecuatoriana existen ciertas zonas rurales que no cuentan con un sistema de distribución eléctrica por lo cual ven como mejor alternativa la utilización de los combustibles fósiles como fuente de generación eléctrica, se desarrolla esta investigación con el fin de proponer fuentes de generación eléctrica amigables con el medio ambiente y mitigar el uso de combustibles fósiles.

Gracias a la ubicación geográfica de Amazonia Ecuatoriana, la misma que le hace una fuente rica en recursos naturales los mismos que se puede aprovechar para la generación de energía 100 % renovable.

### **1.4 Alcance.**

El alcance de este estudio es realizar un diseño de un sistema eléctrico con fuentes renovables, el propósito es dejar de utilizar las fuentes no renovables, remplazándolas con las fuentes renovables que sean amigables con el medio ambiente para la generación eléctrica con lo cual obtendremos una matriz energética 100% renovables.

Se plantea formar un año base sólido que nos permita obtener resultados óptimos en nuestra proyección al año 2050, en el cual nuestra principal fuente de generación eléctrica sea las energías renovables.

### **1.5 Objetivos.**

#### ***1.5.1 Objetivo general.***

El desarrollo de este proyecto es obtener un sistema de energía renovable a través de un plan energético anual completamente desarrollado incluyendo todos los recursos renovables al 100%, que están en el área de cobertura de la zona Amazónica. Este sistema de energía renovable tiene como única fuente recursos renovables que produce energía eléctrica para abastecer esta zona y por tanto se puede tener un horizonte concreto hasta el año 2050, partiendo como año base el año 2020.

### **1.5.2 Objetivo específico**

Entre los objetivos específicos podemos nombrar los siguientes:

Obtener los valores porcentuales de la producción energética de las centrales o fuentes renovables que se encuentran en el área de cobertura de la zona amazónica y que están próxima a esta zona.

Mostrar las estadísticas y curvas resultantes luego de apoyarse en la herramienta ENERGYPLAN con proyección a largo plazo.

Presentar los resultados de cómo se conformaría el horizonte energético para el año 2050, tomando como año base el año 2020.

### **1.6 Generalidades de las Energías Renovables.**

Las energías renovables son procesos que no alteren el equilibrio térmico del planeta, por tanto no producen residuos irrecuperables y que la velocidad de consumo no sea mayor a la velocidad de regeneración del recurso energético y de la materia prima que se utiliza (Schallenberg et al., 2008). Hay cinco fuentes de energías renovables estas son solar, eólica, geotérmica, hidráulica y biomasa. Cada una de ellas con su propia fuente primaria, a continuación, se detallan cada una de ellas:

La energía solar es la energía recibida desde el sol, la energía eólica es la energía producida por el movimiento del viento. La generación de energía usando el potencial del agua, hay muchas maneras de producir energía a continuación se presentan tres:

Energía de las olas que es producida por las olas del océano las cuales son causadas por los vientos. Energía de las mareas que es causada por posición gravitacional de la luna en los océanos. La Hidroelectricidad: energía producida por caída de agua estas son las centros Hidroeléctricas (Chudnovsky, 2017).

La energía Geotermal que es la energía producida por el calentamiento natural de la tierra. La bio-energía o energía de biomasa es la que se produce por el calentamiento y fermentación de la biomasa. Todos los materiales orgánicos vivos o muertos se consideran biomasa, y estas fuentes son: la madera y los desechos sólidos que producen gas o biodiesel y etanol.

Los sistemas de energía renovables se definen como suministro y demanda de energía basados en sistemas de energías renovables frente a los combustibles fósiles. Entonces para poder cambiar necesita estar coordinado estos cambios en:

- En la demanda de tecnologías relacionadas con el ahorro y conservación de la energía.
- Mejoras en la eficiencia del sistema de suministro, cogeneración, en energías fluctuantes como la eólica que puede hacerse una distinción entre el uso final y la demanda.
- El uso final de la energía está definida como la demanda humana de servicios energéticos tales como temperatura ambiente, luz y transporte(Lund, 2014).

Las Tecnologías de conversión de energía son aquellas que pueden convertir de una demanda de calor, electricidad, o combustible a otra. Como ejemplo conversión de combustible en calor y/o electricidad mediante el uso de centrales eléctricas. (Lund, 2014).

La Energía Solar se produce a través de los paneles solares fotovoltaicos que transforman la radiación solar directamente en electricidad, la cual es la más altamente empleada como la mejor forma de producir energía por sus costos operativos. Estas plantas están constituidas por una serie de paneles fotovoltaicos conectados en serie o paralelo que vierten la electricidad producida a la red eléctrica.



Figura 1. Planta solar de 424MW

Fuente: Olade

La energía radiante que incide sobre la superficie terrestre por unidad de área (irradiación o insolación), se mide en kWh/m<sup>2</sup> y a potencia radiante que incide sobre la superficie terrestre por unidad de área (irradiancia) se mide en kW/m<sup>2</sup>.

La radiación solar que incide sobre la Tierra tiene componentes directas, radiación que incide sobre la Tierra desde el sol, sin cambiar de dirección; y difusa, radiación que es dispersada en todas las direcciones debido a la presencia de moléculas y partículas; la radiación global es la suma de la componentes directa y difusa.

Existen diferentes formas de aprovechamiento de la energía solar:

**Energía Solar Fotovoltaica:** aprovechamiento de la radiación solar para la generación de energía eléctrica.

**Energía Solar Térmica:** aprovechamiento del calor solar para calentar un fluido (típicamente agua y aire). La energía solar en forma de calor es absorbida por un panel solar térmico o colector, y transferida al fluido para elevar su temperatura. Los usos más comunes son para calentar agua, climatización y calefacción; también es posible generar energía eléctrica a través evaporación del fluido mediante su calentamiento y haciendo que este mueva una turbina.

### **1.6.1 Sistemas fotovoltaicos**

Los sistemas fotovoltaicos son dispositivos que generan energía eléctrica mediante el efecto Fotoeléctrico; los fotones (partículas de luz) que provienen de la radiación solar, inciden en los módulos fotovoltaicos y liberan electrones, los cuales generan una corriente DC. Se caracterizan por su sencillez, modularidad y operatividad.

Los Componentes principales de los Sistemas fotovoltaicos son:

**Módulo fotovoltaico:** componente en donde se transforma la energía de la radiación solar (energía de los fotones) en energía eléctrica; están contruidos con determinados semiconductores basados principalmente en silicio monocristalino y policristalino.

**Regulador de Carga:** componente encargado de proteger la batería de la sobrecarga y la sobre descarga. Los módulos fotovoltaicos tienen una potencia nominal, el Vatio Pico (Wp); que corresponde a la potencia máxima que puede generar dicho módulo, a 25°C de temperatura y con una irradiancia de 1kW/m<sup>2</sup>. Su producción de corriente eléctrica a un

voltaje dado (fijo para el panel) varía con la temperatura, lo cual especifica el fabricante del panel en la forma de curvas de potencia. (Schallenberg et al., 2008)

Batería: componente encargado de almacenar la energía producida en los módulos.

Convertidores de DC/AC: su principal función es convertir la corriente de DC/AC, normalmente opera conectado al banco de baterías.

Carga: consumos o cargas que el sistema debe satisfacer (demanda energética), puede ser DC o AC.

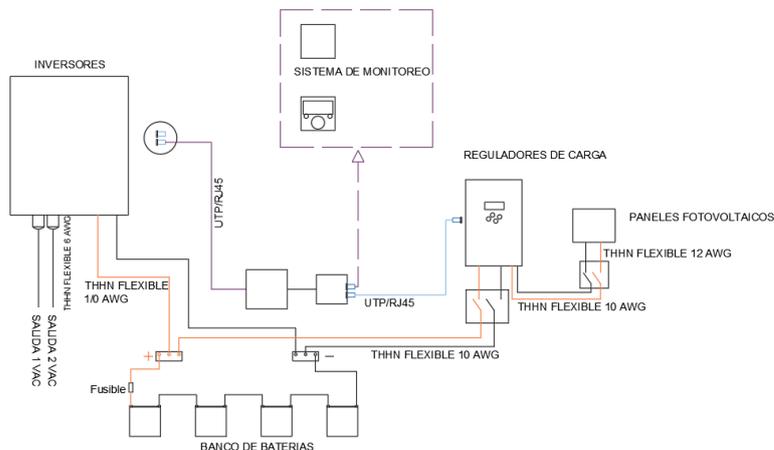


Figura 2. Diseño de un sistema fotovoltaico.

Fuente: (Schallenberg et al., 2008)

### 1.6.2 La energía eólica

Es la energía cinética de las moléculas de aire en movimiento. La energía cinética puede ser transformada en energía mecánica rotacional, al generar el movimiento de las palas de un rotor. La energía mecánica puede ser implementada para desarrollar trabajo mecánico (ejemplo: molinos, bombas de agua), o puede ser transformada en electricidad mediante un generador.

La velocidad del viento se ve afectada por la altura y la rugosidad del terreno; la velocidad del viento aumenta con la altura, y un terreno liso favorece la velocidad del viento

y disminuye la formación de turbulencias. Adicionalmente, la densidad de potencia eólica se ve afectada por la densidad del aire; a mayor densidad del aire, mayor densidad de potencia; la densidad del aire, a la vez, depende de la temperatura y presión atmosférica del lugar (Icaza, Pulla, Colak, Flores, & Córdova, 2018).



Figura 3. Central de energía eólica

Fuente: (Gielen et al., 2021)

### **1.6.3 La energía biomasa**

Es la energía almacenada en los seres vivos, vegetales o animales y la digestión (comida) de estos vegetales por los animales.

Se supone que existen tres fuentes principales de energía por biomasa y estos son:

- a) De origen vegetal: biomasa natural y cultivos energéticos
- b) De origen animal: purines y excrementos
- c) De origen humano: los residuos sólidos urbanos (RSU), procedentes de las ciudades, comercios y fábricas.

El aprovechamiento de esta energía se emplea directamente para producir calor, por combustión de la misma (calefacción y cocción), también indirectamente para producir electricidad (que es mediante la evaporación del agua y transformándola en energía mecánica con una turbina). En el mundo se estima una energía recuperable de la biomasa

en 450 TWh.(Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, Castro Gil, & Collado Fernández, 2013)

Tabla 1. Potenciales energéticos de la biomasa

Madera (seca)	15 GJ/Tn (10 GJ/m <sup>3</sup> )
Papel (periódicos compactados)	17 GJ/Tn (9 GJ/m <sup>3</sup> )
Paja (empacada)	14 GJ/Tn (1,4 GJ/m <sup>3</sup> )
Caña de azúcar (seca)	14 GJ/Tn (10 GJ/m <sup>3</sup> )
Césped (recién cortado)	4 GJ/Tn (3 GJ/m <sup>3</sup> )
Boñigas (secas)	16 GJ/Tn (4 GJ/m <sup>3</sup> )
Residuos domésticos (sin tratar)	9 GJ/Tn (1,5 GJ/m <sup>3</sup> )
Residuos comerciales	16 GJ/Tn

Fuente (Carta González et al., 2013)

La reserva de la biomasa en la tierra se estima en  $1.08 \times 10^{12}$  Tn, y alrededor de  $1.6 \times 10^{12}$  Tn se encuentran en bosques y selvas del planeta.

#### **1.6.4 La energía hidroeléctrica**

Es la energía contenida en una masa de agua elevada respecto a un nivel de referencia. Este tipo de masa se encuentran en movimiento y por tanto un río como la corriente que discurre por un tubo en una diferencia de altura.

Es una de las energías renovables más importantes en el planeta y se tienen que 1 Tn de agua a 10 m de altura puede tener una energía de 278 kWh. En teoría el potencial de energía aprovechable es de 2 y 3 TW.

Se puede decir que el potencial del agua se transforma en energía cinética y esta a su vez en mecánica y mediante turbinas hidráulicas colocadas en la base de los embalses pueden producir energía.

Esta energía es muy utilizada a nivel mundial y constituye el recurso de generación mas grande del planeta.

### **1.6.5 La energía hidrógeno-electrolítico**

Esta energía como vector energético es una tecnología en pleno desarrollo, pero con una importancia excepcional para el futuro, por su alto poder energético y su nulo impacto ambiental. El residuo de la combustión del hidrógeno es el agua pura. Estos elementos pueden almacenarse y transportarse en forma gaseosa y líquida. Para esto se deben tener los gaseoductos similares del gas natural, pero en forma líquida mediante depósitos presurizados y refrigerados por que este se licúa a  $-250^{\circ}\text{C}$  y 200 bares de presión.

El hidrógeno no es un recurso que se encuentra solo en la naturaleza, esto es obtenido por medio de procesos industriales a través de combustibles fósiles (separando el hidrógeno del carbón). Por eso su nombre vector, y no solamente un almacenador de energía.

Los procesos para obtener hidrógeno como energía son los siguientes:

- a) Termoquímicos: descomponiendo los hidrocarburos o el agua por medio de calor.
- b) Electroquímicos: separando el oxígeno del hidrógeno del agua por aplicaciones de una corriente eléctrica (electrólisis del agua).

### **1.6.6 La energía Geotérmica**

La energía geotérmica se da como origen en el calor acumulado en el interior de la tierra en su magma fundido. El calor, solo es posible en aquellas zonas donde se aproxima a la superficie, y normalmente se denomina cinturones sísmicos. También se pueden originarse en zonas térmicas por concentraciones de radioactividad elevadas, e igualmente se pueden dividir en dos grupos:

- a) Hipertérmicos: es el agua caliente o en forma de vapor, que alcanza la superficie. Estas formas también son llamadas fumarolas, géiseres, barro caliente fuentes termales etc. y están entre temperaturas de  $200-300^{\circ}\text{C}$ .
- b) Semi térmicos: el agua o gases calientes no afloran.

Se estima que en la tierra el flujo geotérmico es de unos  $30 \times 10^6$  TW. Aproximadamente. Las reservas solo una pequeña parte podrían ser extraíbles en condiciones técnicas y económicas adecuadas. Los mejores recursos se encuentran en Estados unidos, Japón , Italia, México, Nueva Zelanda , Filipinas y china.(Carta González et al., 2013).

### **1.6.7 La energía de las mareas**

El origen es la interacción gravitatoria de la Tierra -luna, que desplaza cantidades ingentes de las aguas de los océanos. También depende de la época del año, así como de la disponibilidad de zonas donde embalsar el agua del mar durante la pleamar. Se utilizan para el aprovechar la conversión hacia la energía mecánica y posterior a la eléctrica mediante turbinas hidráulicas. Las reservas están consideradas de 3000 GW, de los cuales unos 1000GW podrían accederse por condiciones geográficas y de las alturas de las mareas.

Los países con el mejor potencial extraíble están en el atlántico como: Canadá, Estados Unidos y Argentina. Igualmente, en mar de Barents. En el océano indico en donde zonas como la india, y en el pacífico se encuentras zonas como Rusia, China y Australia.(Carta González et al., 2013).

La duración de esta energía es ilimitada, y las nuevas soluciones innovadoras del sistema energético están abriendo nuevas posibilidades para un futuro descarbonizado mucho más rápido de lo esperado. En el mundo se están aplicando innovaciones en materia de tecnología, políticas, mercados, además se están logrando avances significativos en la movilidad eléctrica, el almacenamiento de baterías, tecnologías digitales y la inteligencia artificial entre otros. Las nuevas redes inteligentes que van desde las mini a las superredes reforzadas por políticas y mercados facilitadores están mejorando la capacidad del sector eléctrico que hacen frente a la variabilidad de las energías renovables. Los usos directos de estas energías incluida además la bioenergía y el hidrógeno verde están aportando soluciones muy necesarias en el transporte, edificios y la industria(Gielen et al., 2021) (Icaza, Jurado, & Galindo, 2020).

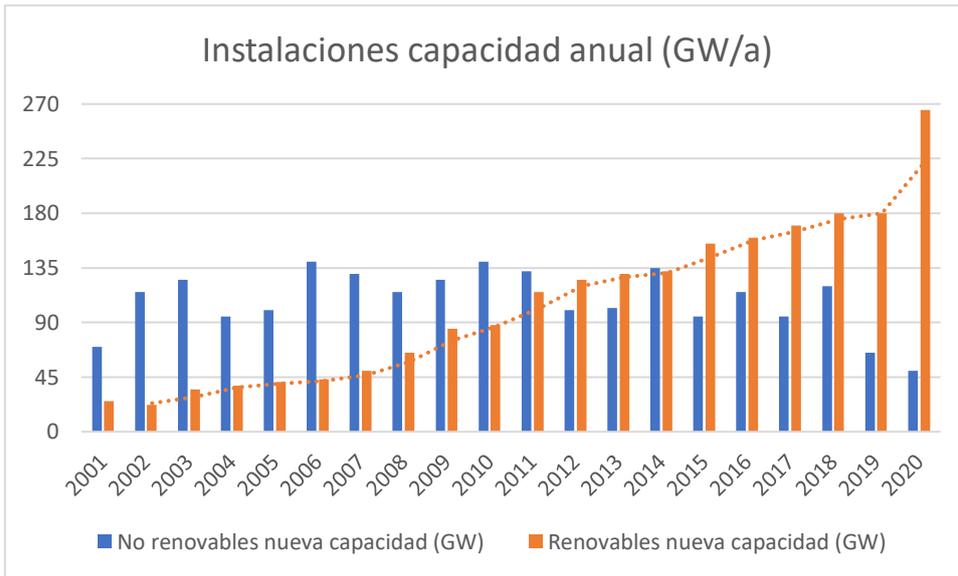


Figura 4. Capacidad de participación energías renovables 2001-2020

Fuente:(González, de Jesús Silva, & Masip-Macía, 2021)

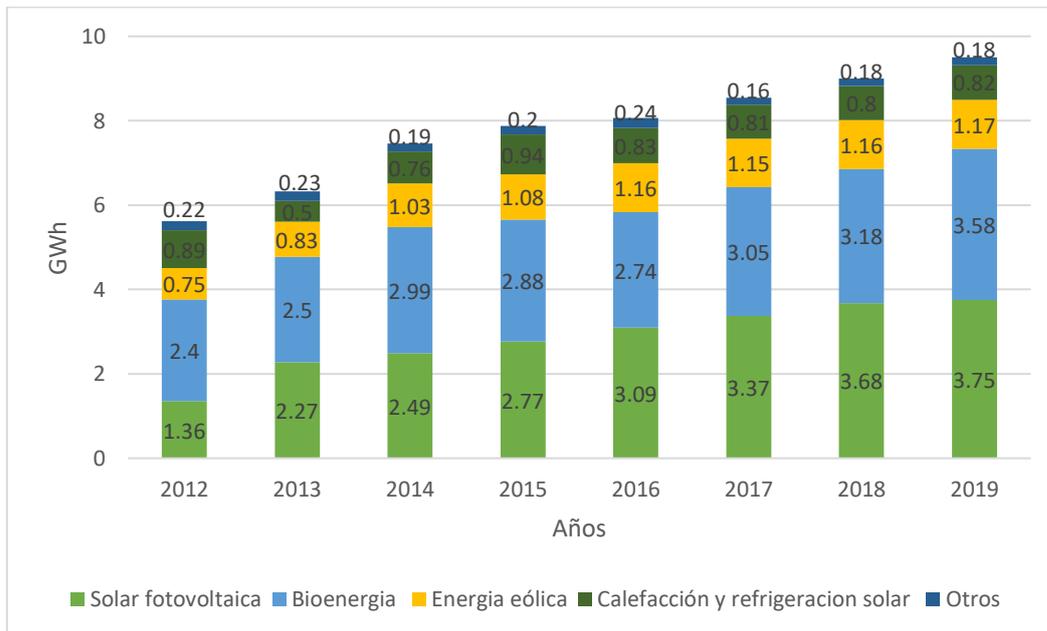


Figura 5. Utilización de las energías renovables por Tecnologías 2012-2019

Fuente:(González et al., 2021)

## **1.7 Antecedentes de las energías renovables.**

Las energías renovables son una solución eficaz para el suministro de energía eléctrica en las comunidades rurales, aprovechando los recursos disponibles en la localidad, las más comunes son la energía fotovoltaica, eólica y mini hidráulica con opciones viables, con la finalidad de cubrir la demanda energética buscando brindar un servicio con eficiencia energética y un servicio continuo al consumidor final. (Arévalo, Cano, & Jurado, 2022)

El cambio de una sociedad que utilice las energías renovables de forma sostenible ha aumentado de manera significativa durante la última década, lo cual ha provocado muchos cambios en el sistema energético. Estimulado por los efectos negativos de la combustión de combustibles fósiles el mismo que provocan la liberación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, además contaminan la biosfera y los mismos gases se encargan en alterar el equilibrio de la biosfera. Al contrario de las fuentes tradicionales basada en las fuentes no renovables, las energías renovables utilizan fuentes renovables que se restablecen naturalmente, como la luz solar, el viento, los movimientos de las mareas y el calor geotérmico. En los últimos años se han creado cooperativas para promover el uso de las energías renovables lo que ha permitido que sea más rentable en muchos países (Carta González et al., 2013).

La participación continua ha ido creando un vínculo entre el público y la gobernanza de la transición energética en este caso. Con lo cual ha generado una mayor aceptación de las turbinas eólicas si se gestiona con las iniciativas de participación ciudadana como las cooperativas. Se argumenta que podemos participar con total derecho sobre asuntos relacionados con la protección del medio ambiente, uno de los principales temas de discusión es la eliminación progresiva de los combustibles fósiles al mismo tiempo esto impulsa al desarrollo de las energías renovables para la generación eléctrica, esto es un derecho fundamental a la protección del medio ambiente (Lund, 2014).

Los consumidores finales tienen la iniciativa en el cambio de la matriz energética buscando beneficiarse de las nuevas tecnologías con la finalidad de reducir sus facturas, la participación ciudadana en la transición energética es muy importante por la inversión privada en la energía renovable. (Icaza, Borge-Diez, & Galindo, 2022)

Estas comunidades energéticas movilizadas aportan una parte significativa de las inversiones en energía renovables, promueven el desarrollo local y aumentan el apoyo público a las energías renovables. Un claro ejemplo, tenemos en Alemania donde el 40.4% de su demanda total es cubierta por el uso de energía renovables sobre todo esto es

generado por varias iniciativas ciudadanas. Por lo cual, esto ayuda a la inversión privada al mismo tiempo que genera puestos de trabajo dentro del ámbito local.

De esta manera obtenemos un cambio muy favorable para la presentación de servicios que nos ayudan al ahorro energético al momento de crear nuevos proyectos de producción energética. Por lo cual las cooperativas se vuelven productores de electricidad y participan en la presentación de servicios. Al mismo tiempo que les permite actuar como empresa suministradora de electricidad y comprar electricidad en el mercado mayorista para poder suministrar a sus clientes con lo cual les brinda un servicio de calidad. Las cooperativas deben estar abiertas, transparentes y responsables con el servicio que ofertan. Esto hace que aumente la confianza en el servicio de prestación a sus clientes. Lo cual indica dar grandes avances hacia la transición energética. Esta mentalidad nos va a ayudar mucho para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Carta González et al., 2013). (Icaza-Alvarez, Jurado, Tostado-Véliz, & Arevalo, 2022)

Las cooperativas energéticas colaboran de manera muy activa con múltiples niveles de gobernanza y de múltiples formas, para un intercambio de conocimientos a nivel local y regional, las cooperativas pueden ser la clave para la transición energética hacia las energías renovables y la reducción del uso de los combustibles fósiles.

Muchas de estas cooperativas de energía trabajan en conjunto entre cooperativas con el fin de generar una red de apoyo, con lo cual intercambian conocimientos y aprendizaje mutuo al proporcionar “experiencia distinta que no está disponible en otros lugares”. La electricidad actual no es la adecuada para estos cambios en el sistema energético. Las reglas y regulaciones actuales no siempre parecen estar equipadas para el mercado de energía. Por los impuestos que pagan los consumidores de electricidad.

Las reglas del juego son de vital importancia en la producción de energía a partir de las energías renovables, lo cual crea oportunidades a las cooperativas de energía para la movilización de los ciudadanos hacia la transición energética. Estas cooperativas crean conciencia y crean apoyo para la transición energética que intenta orientarse hacia un sistema de energía más renovable lo cual nos dirigen directamente a los ciudadanos a nivel individual creando la oportunidad que los consumidores tengan su sistema de generación muy sostenibles y un servicio continuo.

## 1.8 La energía en Latinoamérica y el caribe

La región de Latinoamérica y el Caribe (LAC), es muy diversa y está compuesta por países grandes y pequeños que se encuentran en estancias intermedias de desarrollo. En el sector energético estos países tienen un constante crecimiento y desarrollo que actualmente responde a retos y necesidades de transición energética que buscan mayores fuentes de energías para una matriz energética total (González et al., 2021).

Un gráfico en donde se muestra la capacidad de generación eléctrica instalada en la LAC se puede observar que las energías renovables existen en un total de 414.644 MW de capacidad instalada para la región.

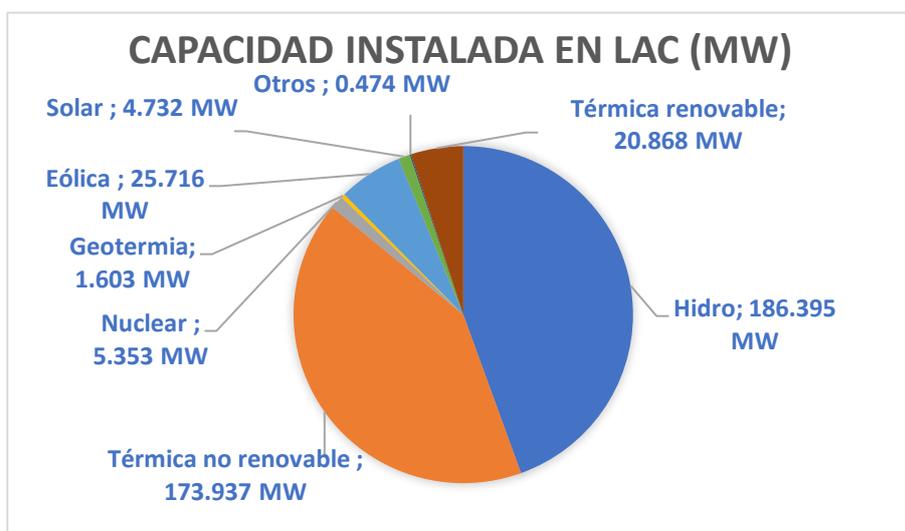


Figura 6. Capacidad de Generación eléctrica instalada en LAC

Fuente: OLADE (González et al., 2021)

Se observa que las hidroeléctricas es un 44.5 % seguido de la generación de plantas térmicas no renovables de 41,9%. Mientras que las de generación por fuentes de energías renovables no convencionales ERNC como la eólica, solar, geotermia y biomasa (térmica renovable) contribuyen con un 13 % del total de la capacidad instalada en la región (González et al., 2021).

Las inversiones para la matriz energética a nivel global caben referirse para el logro de los objetivos climáticos de París requerirá una aceleración significativa de las inversiones de los sectores eléctricos y tecnologías tanto en eólica, solar que abrirían el camino para la

transformación del sector eléctrico mundial. En la Figura 7. se puede observar que para el 2040 las ERNC represente el 22 % de la capacidad instalada para la generación, con un incremento en la eólica con un 12 % del total de la capacidad instalada. Igualmente, en el año 2030 para el escenario REmap, con ese horizonte las energías renovables representarán un 83% de la matriz de generación.

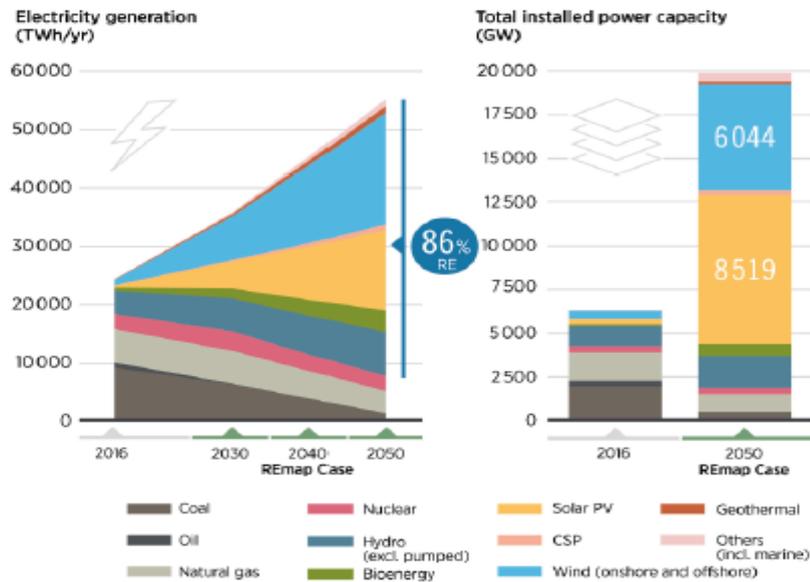


Figura 7. Proyección de la Generación de electricidad a Nivel mundial en el 2050

Fuente: (González et al., 2021)

Lo que implica anticiparse según la previsión estimadas en algunos reportes de GWEC, OLADE y BID.

Para un contexto de análisis comparativo entre escenarios de desarrollo energético para un período de 2020-2050 hay dos caminos de llegar hasta nuestro horizonte al 2050, un camino a mediano plazo (2030) y otro a largo plazo (2050), con las respectivas particularidades y realidades socioeconómicas y energéticas de la región. En nuestro análisis solo será el primer escenario. Para esto se divide a la región ALC en 4 subregiones y dos países siendo estos (Castillo et al., 2018-2021):

- a) América Central (Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá)
- b) Zona Andina (Bolivia Colombia, Ecuador, Perú, y Venezuela)
- c) Zona Cono Sur (Argentina, Chile, Paraguay y Uruguay)

- d) El Caribe (Barbados, Cuba, Granada, Guyana, Haití, Jamaica, Republica Dominicana, Suriname y Trinidad y Tobago)
- e) Brasil
- f) México

### 1.8.1 América Central

En esta región la reducción del consumo de biomasa y un incremento del consumo de derivados de petróleo debido a la sustitución de leña por GLP, para cocción en el sector residencial lo muestra la figura 8.

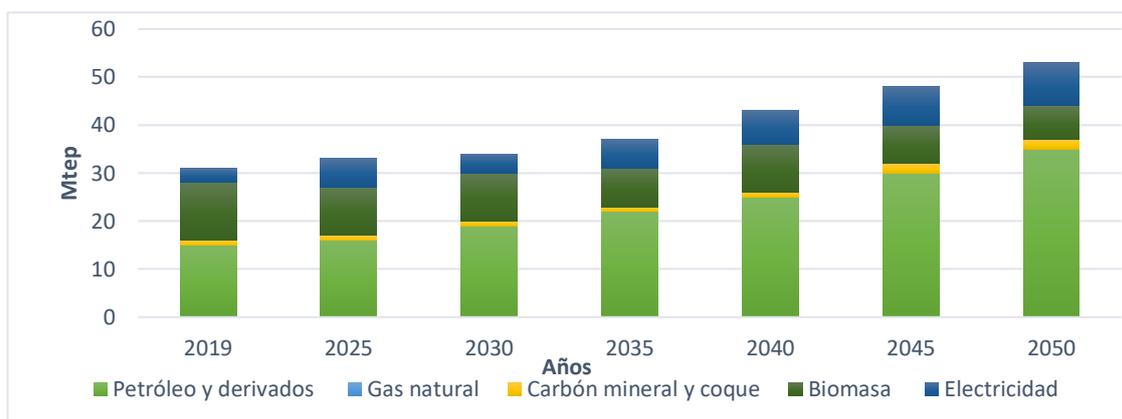


Figura 8. Proyección del consumo final de energía América Central

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

En cuanto a la nueva capacidad de generación eléctrica para esta región predominan las centrales a gas natural, hidráulicas, eólicas, con incrementos de solar fotovoltaica y geotérmica, alcanzando el 75% del uso de las energías renovables en el horizonte de la proyección para llegar hasta el 2050. Como se muestra en la Figura 9.

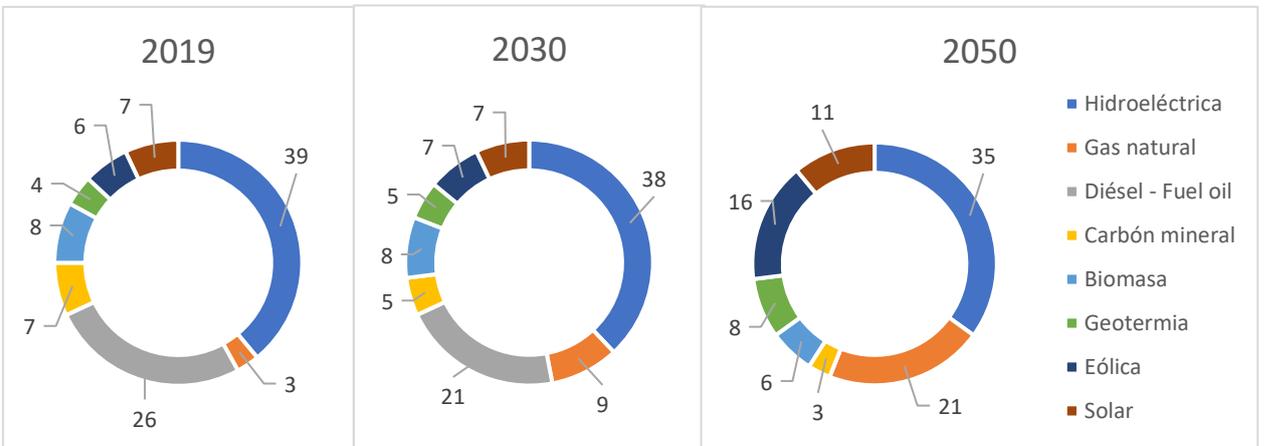
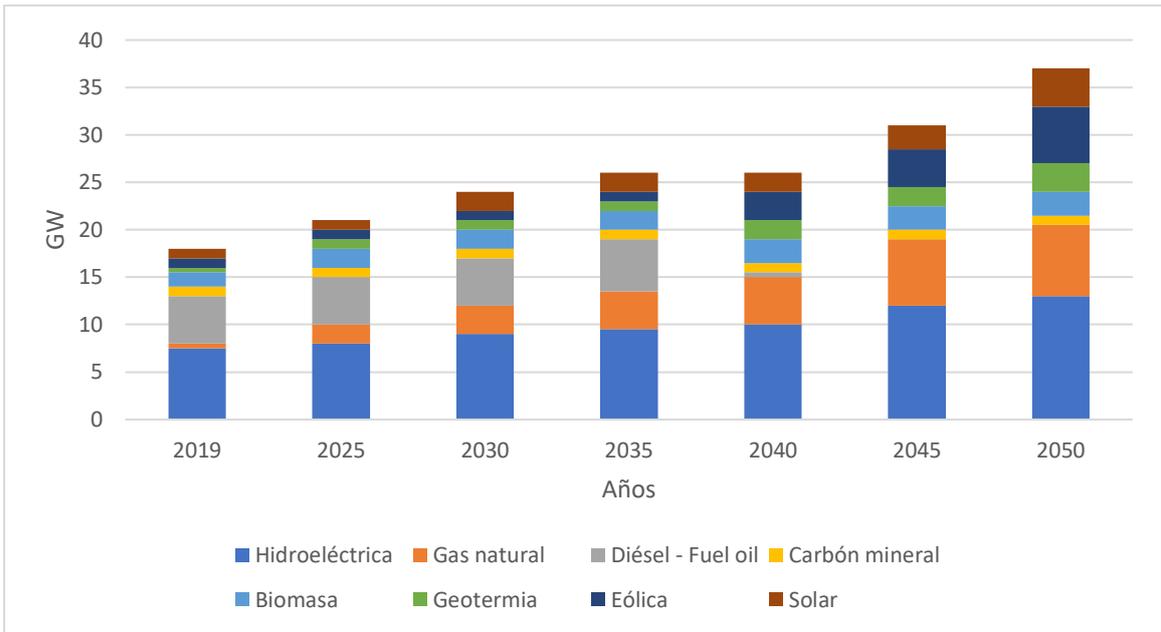


Figura 9. Proyección de la capacidad instalada de generación eléctrica

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

### 1.8.2 Zona Andina

Para la construcción de este escenario se utilizó la creación de las perspectivas relacionadas con la expansión del sector energético en los países de la subregión como por ejemplo el plan de expansión de referencia Transmisión y Generación 2020-2034 elaborado por Colombia, en Ecuador “Plan Maestro de Electricidad 2018-2027” elaborado por MERNNR, e igual de otros países. Bajo estas premisas los derivados de petróleo en la

matriz de consumo final se incrementan durante el período de proyección, y se observa una mayor electrificación de dicha matriz y una reducción en el uso de biomasa. Las fuentes de gas natural y el carbón mineral mantienen su participación porcentual.

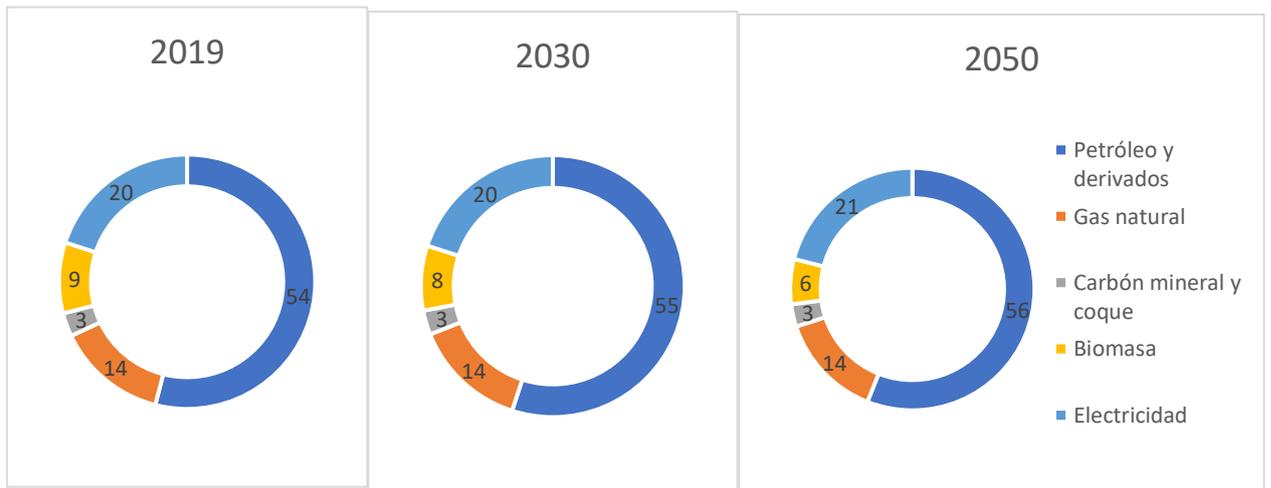
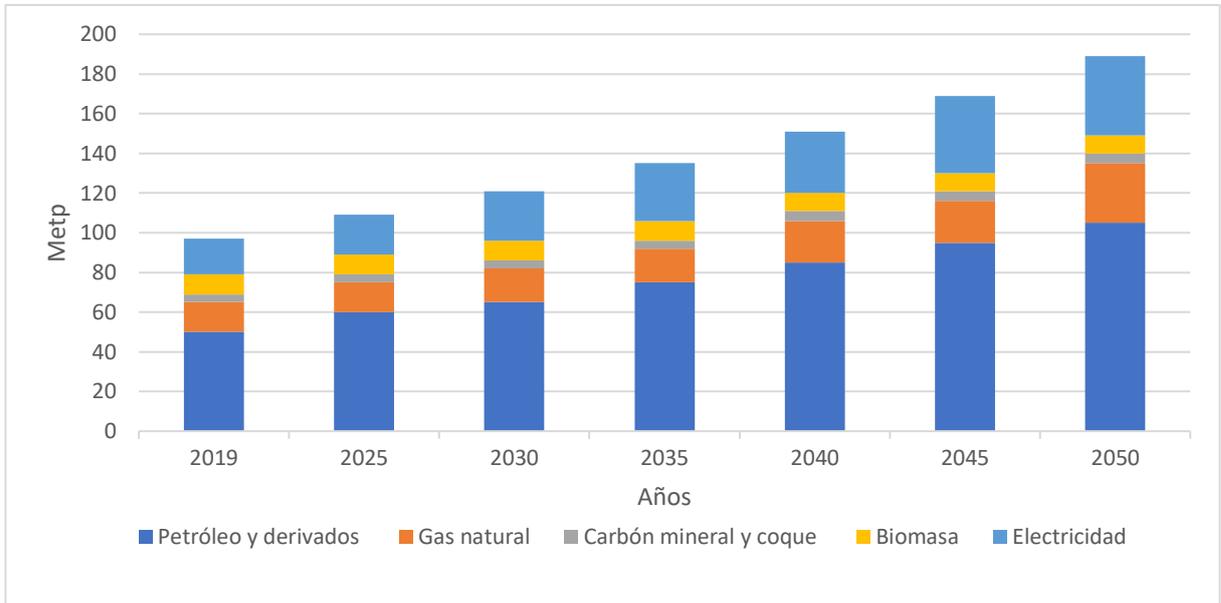


Figura 10. Proyección del consumo final Zona Andina

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

Además, en este escenario las hidroeléctricas y centrales de gas natural siendo importante también las centrales eólicas y fotovoltaicas, se tienen condiciones de renovabilidad del parque generador andino mejora del 52% en año base y va al 68 % al 2030 y al 72 % en proyección al 2050.

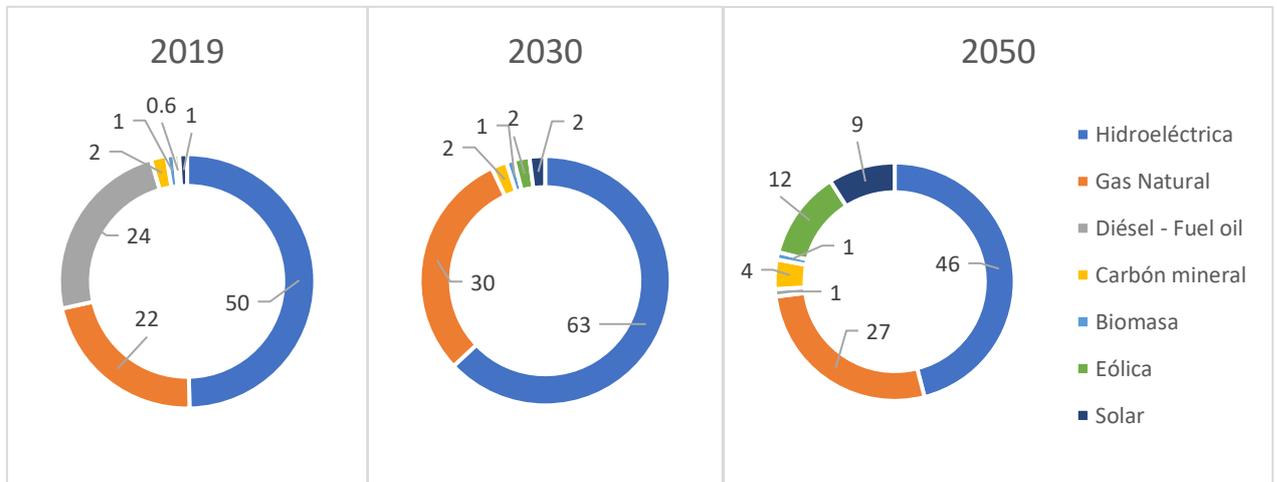


Figura 11. Capacidad instalada de generación eléctrica Zona Andina.

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

### 1.8.3 Zona del Cono Sur

Para esta región se considera la información de planes y políticas de desarrollo energético publicadas por los países integrantes de esta subregión, por ejemplo, el “Plan de carbono Neutralidad al 2050”, de Chile, “Escenarios energéticos 2030” de Argentina, “Prospectiva energética 2050” de Paraguay, y “Prospectiva de la Demanda eléctrica 2018” de Uruguay. Igualmente los balances energéticos del año 2019 y las proyecciones de consumo final con el efecto COVID-19., correlacionadas con la variación y estimaciones del PIB del Banco mundial.

En la figura 12. Se obtienen la proyección del consumo final para el escenario en la subregión del Cono Sur

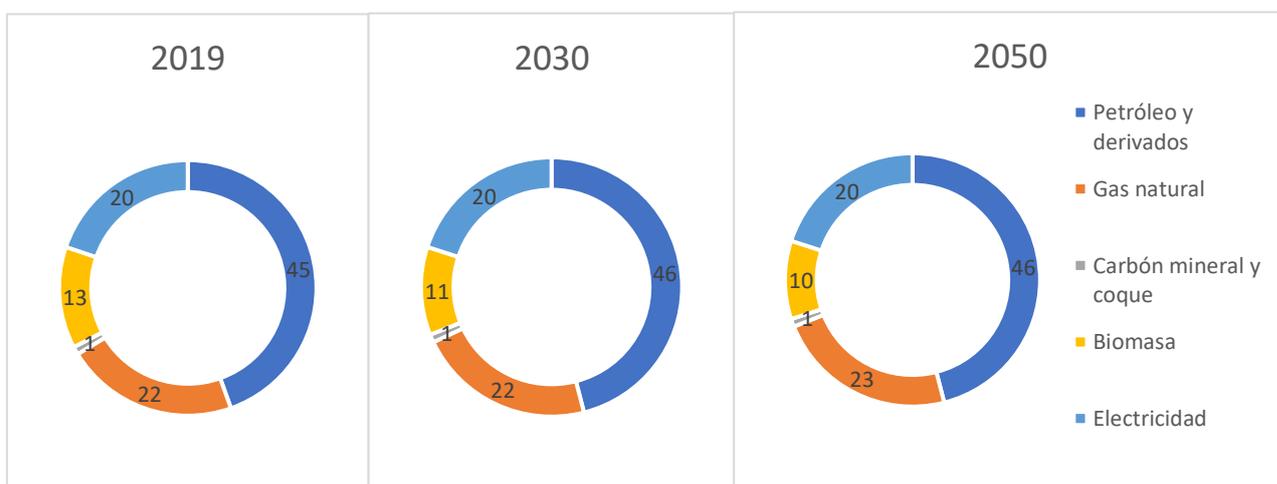
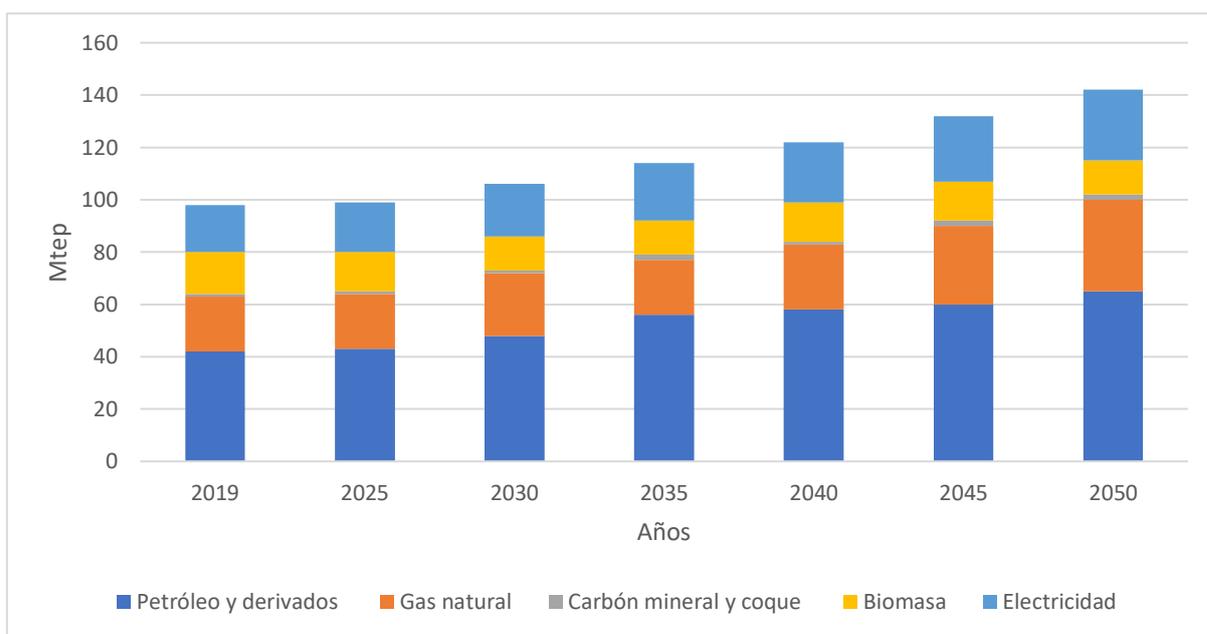


Figura 12. Proyección de consumo final de energía Zona Cono Sur.

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

La expansión de la capacidad instalada de generación eléctrica en esta subregión, durante este período se realiza con centrales a gas natural, aunque también se tienen un incremento de capacidad hidráulica, eólica, solar de centrales de biomasa y geotérmicas. Con estas condiciones el parque generador renovable de esta región gana en un gran porcentaje para el año 2030 por la suma de centrales a gas natural.

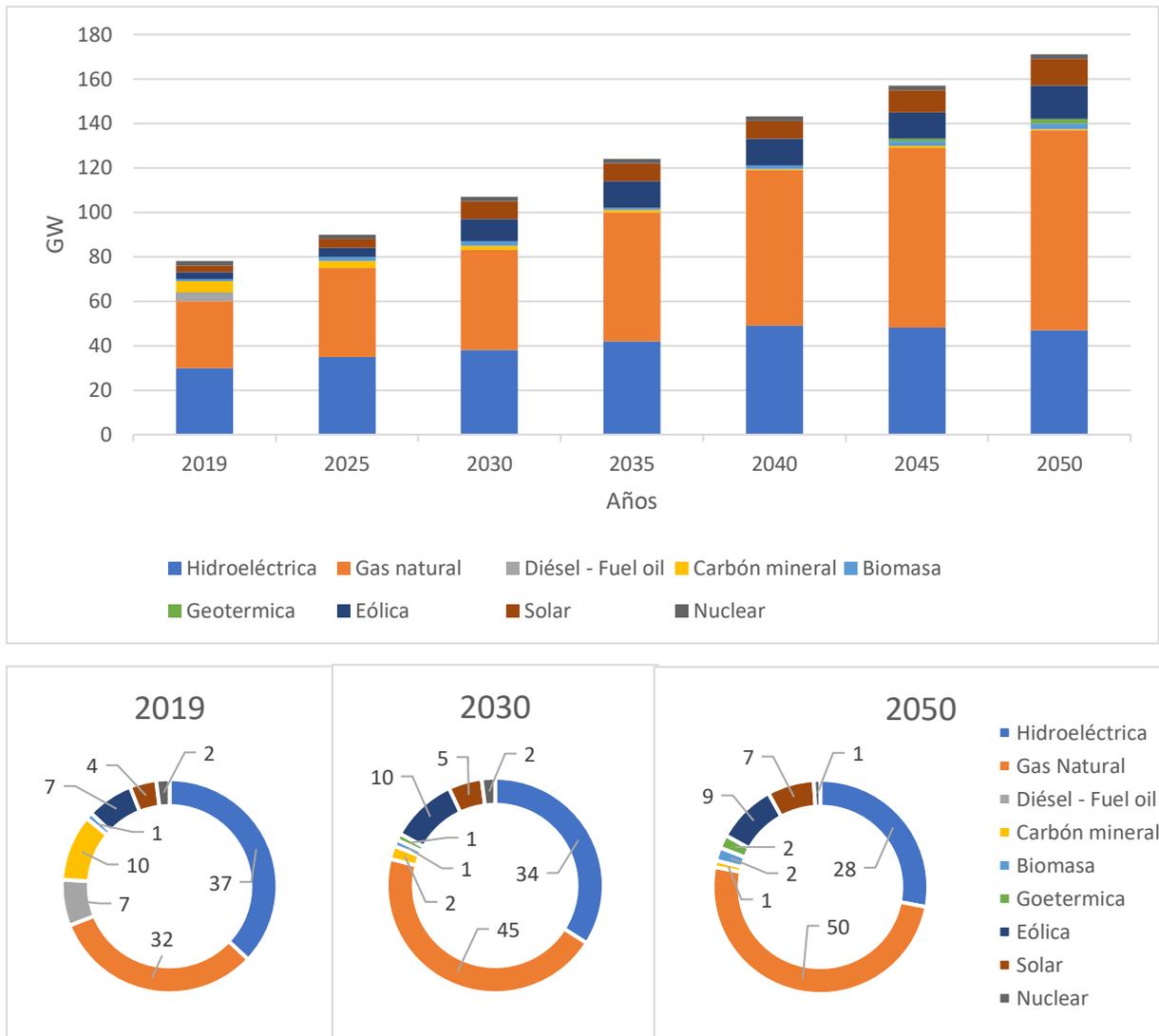


Figura 13. Proyección de la capacidad instalada de generación eléctrica Cono Sur.

Fuente:(Castillo et al., 2018-2021)

La matriz de generación eléctrica para esta subregión se tiene una proyección desde un 52% en el año base pasando por un 64 % en el 2030 y para el 2050 de 71 %.

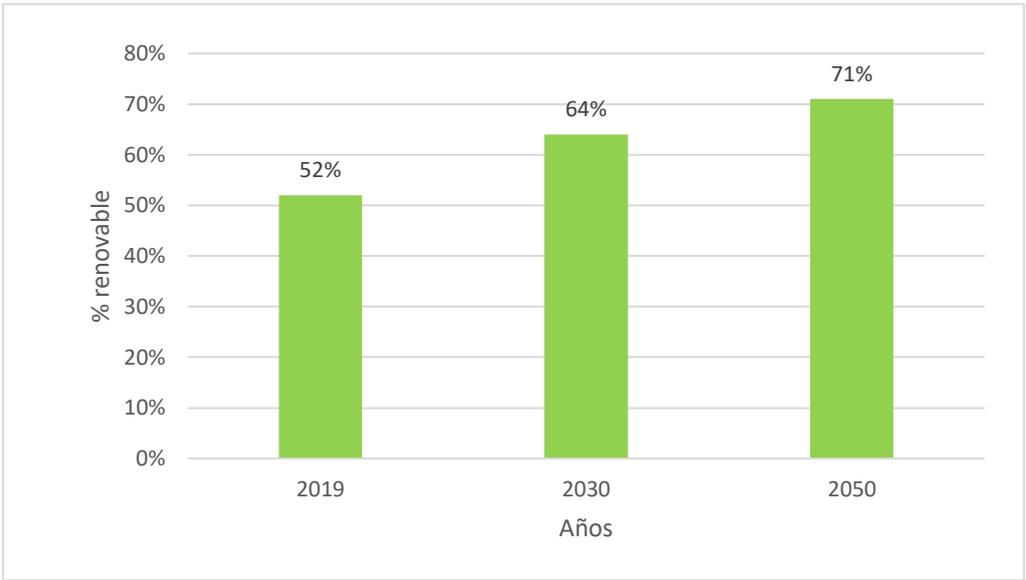


Figura 14. Generación eléctrica como sur Renovables.

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

### 1.8.4 El Caribe

Se utilizó las proyecciones del sector energético de la subregión, como es el informe de estudio: “Planificación de inversiones en generación eléctrica de Republica Dominicana 2040”, realizado por OLADE. Igualmente, los reportes de Granada, Barbados, Jamaica que como balances energéticos del año 2019 y sus proyecciones dan el resultado del consumo final.

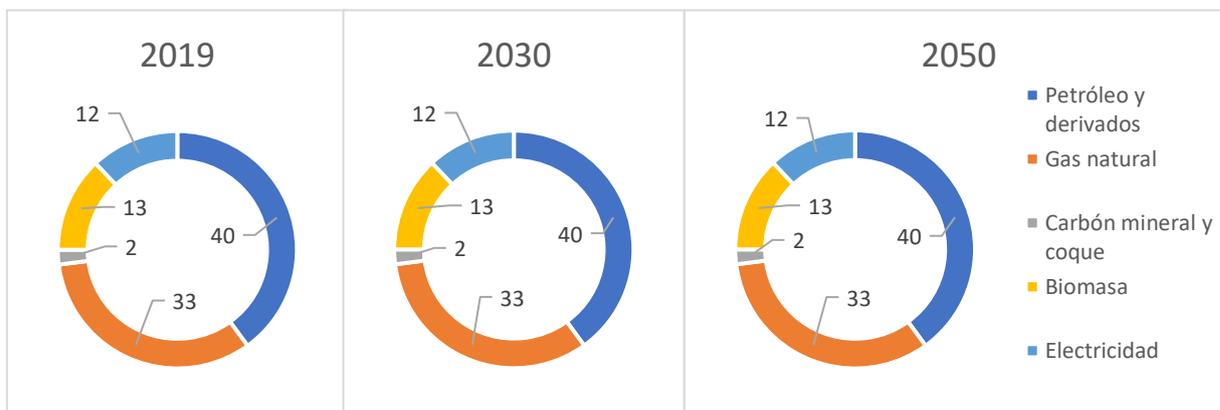
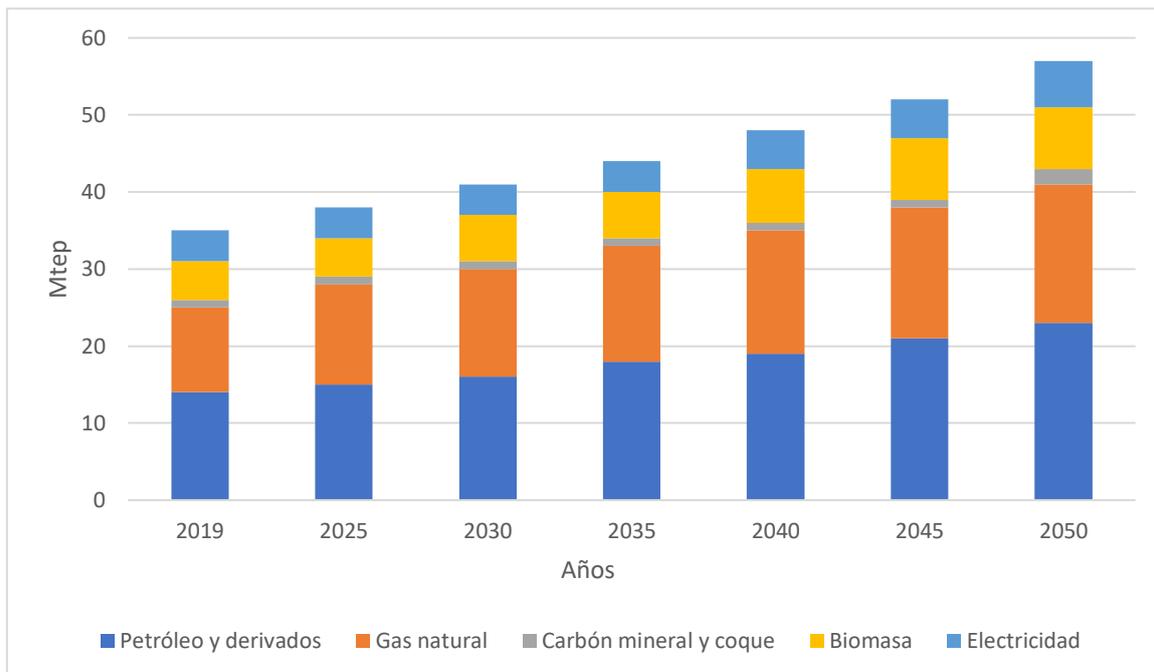


Figura 15. Proyección del consumo final de energía Zona El Caribe

Fuente:(Castillo et al., 2018-2021)

En esta subregión crecerá a una tasa promedio anual de 1.6 %, durante el período de proyección, sin sufrir cambios estructurales en su matriz por fuentes, donde los hidrocarburos, mantiene el predominio de participación con un 73 % del consumo total.

En cuanto a la capacidad instalada de generación eléctrica la mayor parte de la nueva capacidad durante este período de proyección corresponde a centrales a gas natural, siguiéndole las centrales da biomasa hidráulicas, las eólicas y las solares. Si embargo es de las centrales hidráulicas se daría en países continentales como Guayana y Surinam.

Con estas condiciones la renovabilidad del parque generador caribeño se incrementa de un valor del 16 % al 32 % en 2030 y al 47 % en el año 2050.

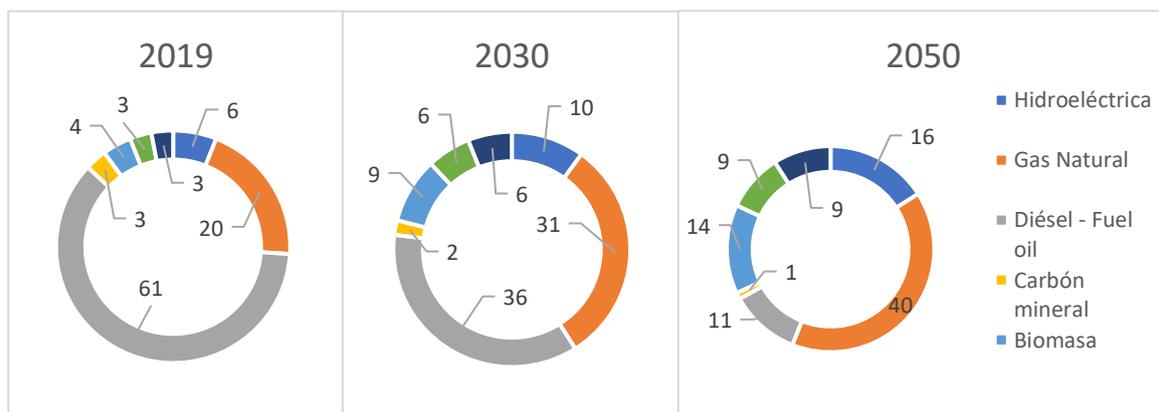
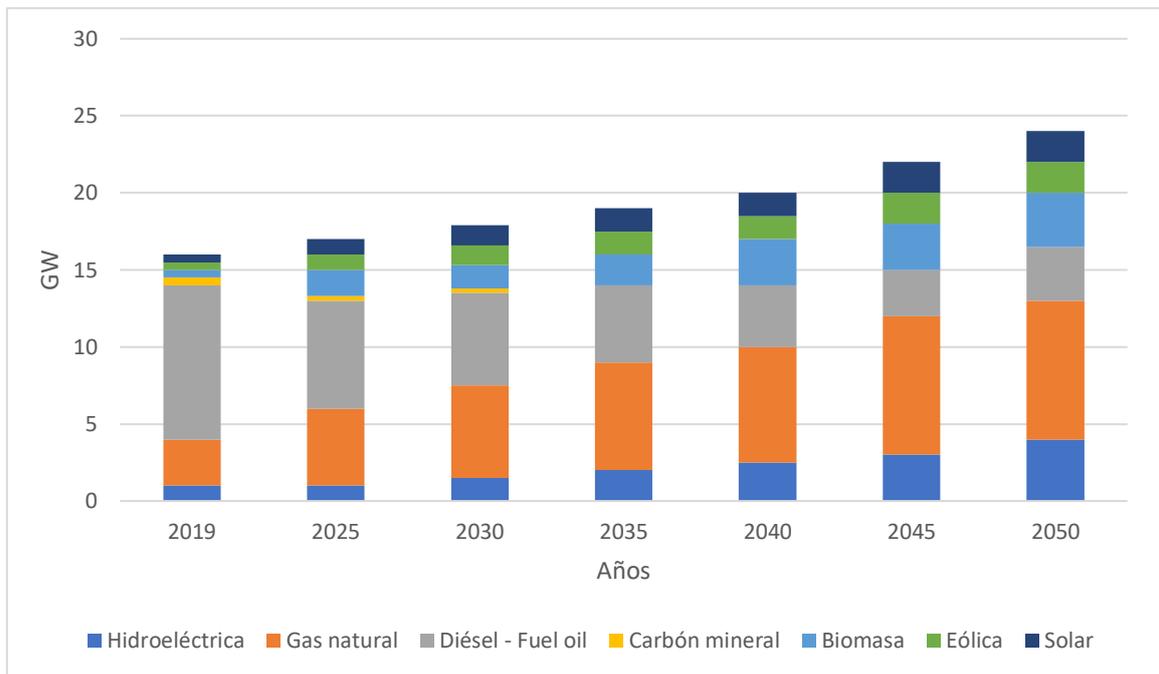


Figura 16. Proyección de la capacidad instalada de energía Zona El Caribe

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

En lo referente al incremento de generación eléctrica con gas natural en esta subregión y desplazando el uso de derivados de petróleo, y permitiendo la presencia de energías renovables en la matriz de proyección de electricidad se mejora y pasa de un 8 % al 16% en el 2030 y al 23 % al año 2050.

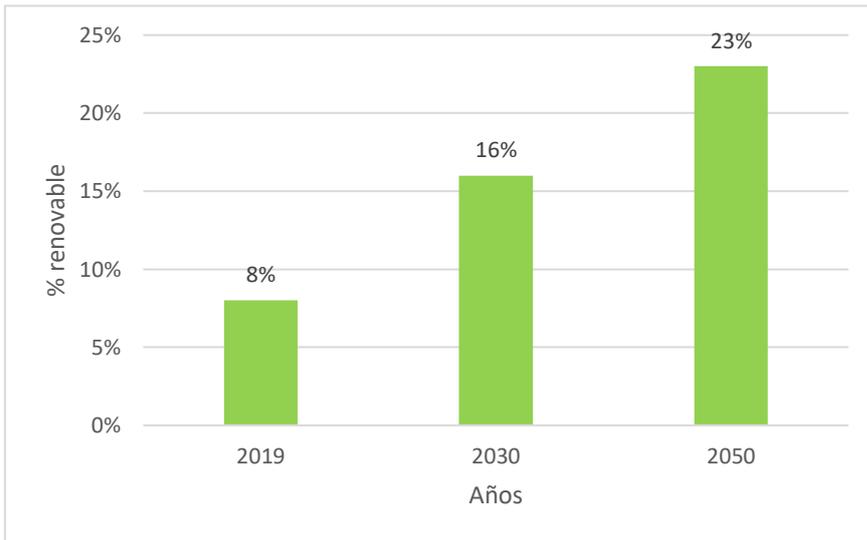


Figura 17. Proyección de las energías renovables Zona el Caribe

Fuente:(Castillo et al., 2018-2021)

### **1.8.5 Brasil**

En este país las fuentes de información de referencia para las proyecciones fueron el plan decenal de Energía 2030, y el plan nacional de energía 2050, ambas publicaciones del ministerio de minas y energía. Si embargo el año base es 2020, para lo cual se dio mayor relevancia a las proyecciones del 2030 y extendiendo estas proyecciones al año 2050.

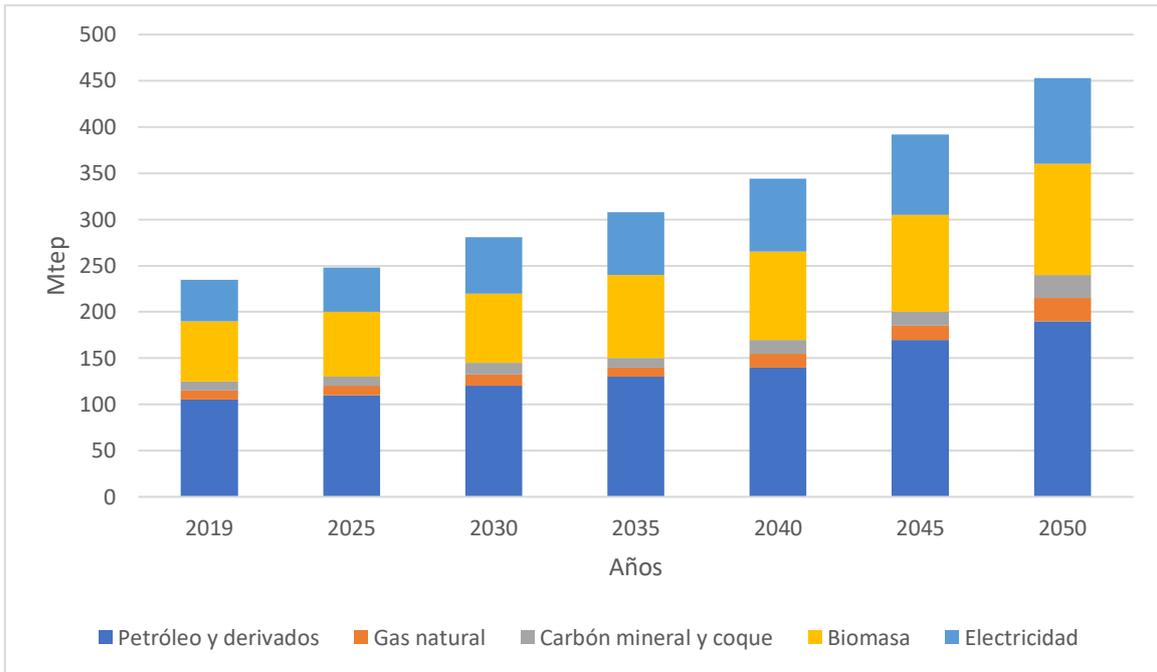


Figura 18. Proyección del consumo final de energía Zona Brasil

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

El consumo final de energía evoluciona de manera uniforme con una pequeña variación en la estructura porcentual de la matriz, incrementándose a la participación de la electricidad por la caída de los petrolíferos y de la biomasa. También debido a la mayor electrificación de los sectores del transporte y la industria.

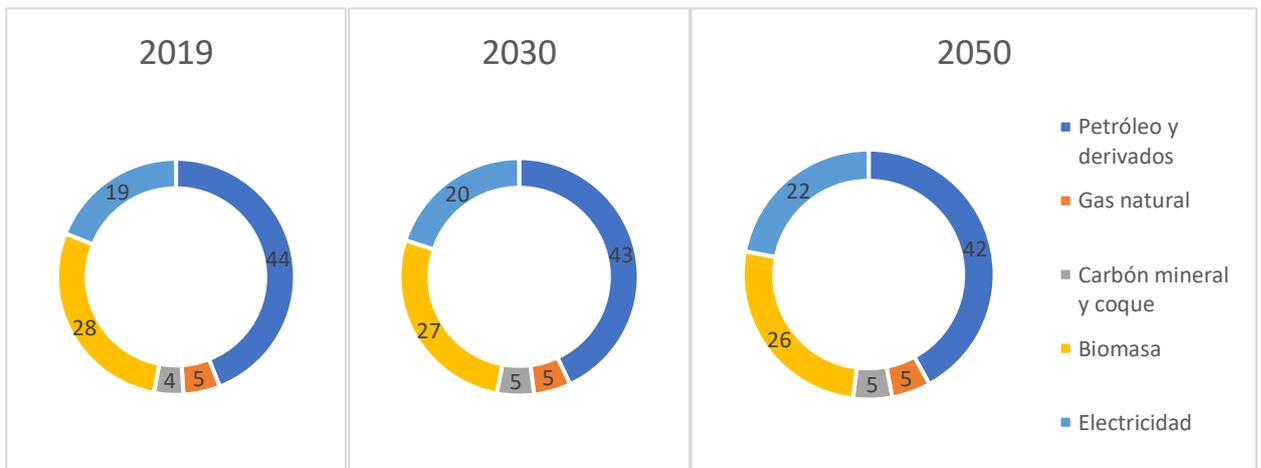


Figura 19. Proyección de consumo final de energía Zona Brasil

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

Para este año base se nota un incremento desde el 19% al 22 %, en la electricidad, y manteniéndose el carbón mineral y gas natural constante, y una disminución en petróleo y sus derivados.

En la capacidad instalada de generación eléctrica en este escenario se caracteriza por una predominante instalación de electricidad a gas natural y energía eólica hasta el 2030, superando en lo referente a las hidroeléctricas y solares fotovoltaicos.

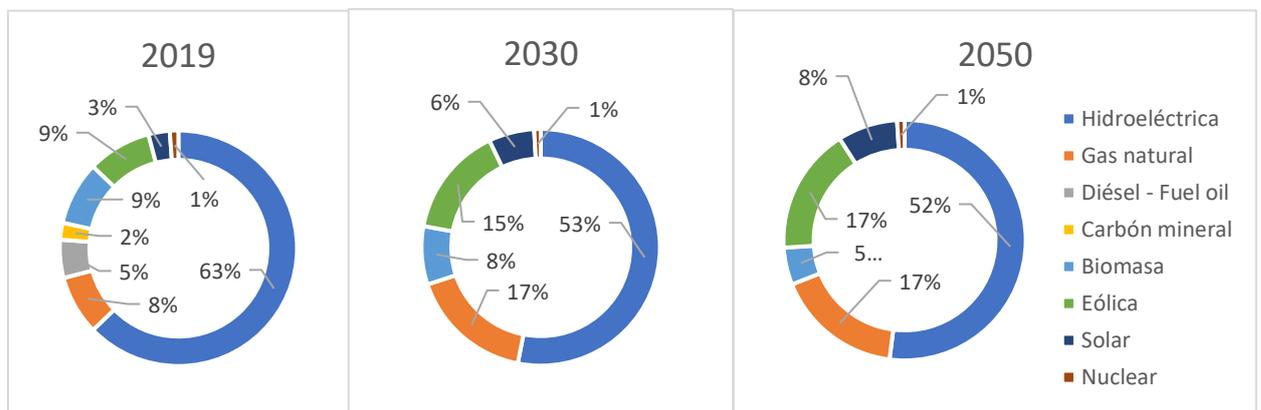
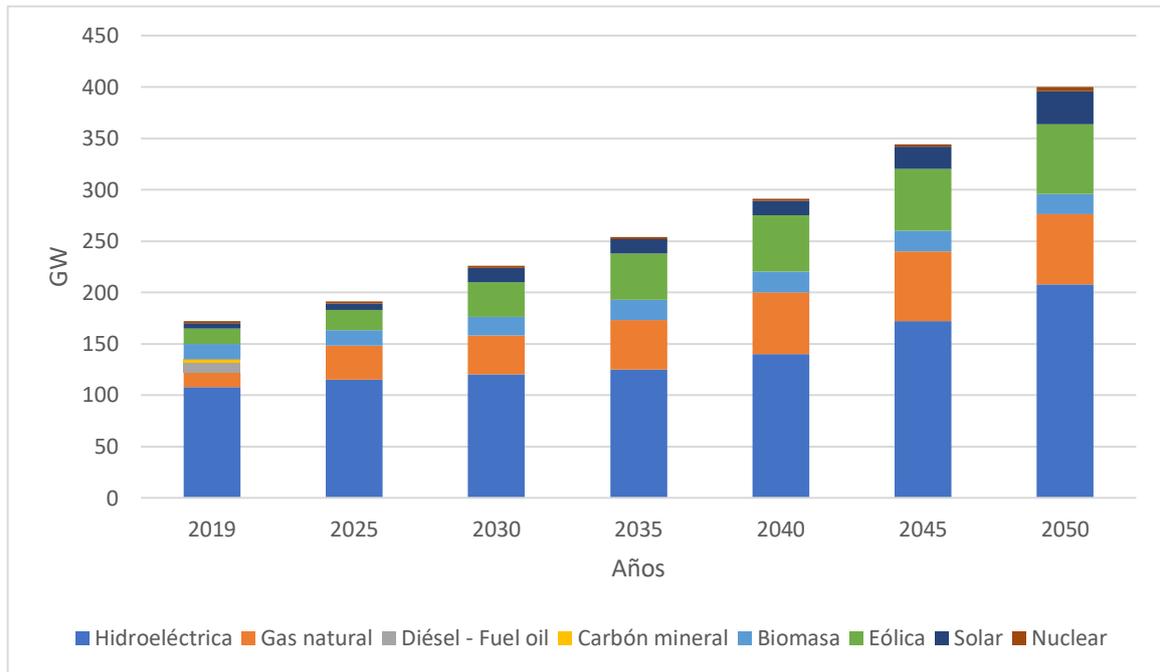


Figura 20. Proyección de la generación eléctrica Zona Brasil.

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

Como resultado se observa una disminución de alrededor de 2 puntos porcentuales en la renovabilidad de la capacidad instalada del parque generador. En el año 2050 con nuevas

hidroeléctricas, eólicas y solares se acelera, esta capacidad y conjuntamente con las centrales de gas natural.

En la proyección de la generación eléctrica en zona de Brasil, el gas natural y la energía eólica son las fuentes que ganan mayor participación en la matriz de generación. La caída del carbón mineral y los derivados de petróleo genera una disminución en la participación de las energías no renovables en dicha matriz respecto al año base.

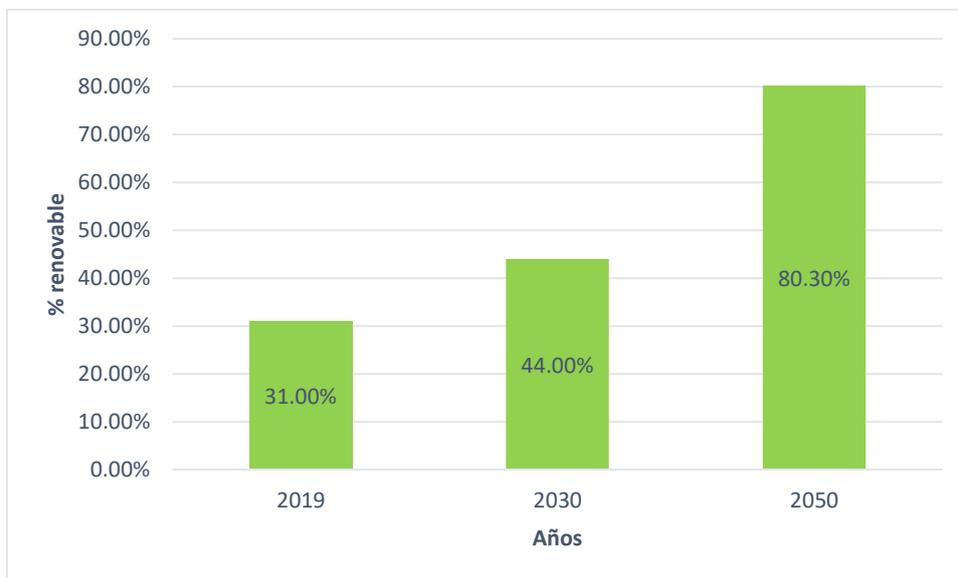


Figura 21. Proyección de la oferta total de energía

Fuente:(Castillo et al., 2018-2021)

### **1.8.6 México**

El consumo final para este país, en el escenario propuesto está incrementando a un ritmo del orden del 1.3 % promedio anual, y sin sufrir cambios importantes en la estructura porcentual manteniendo la predominancia de los derivados de petróleo en la matriz de consumo.

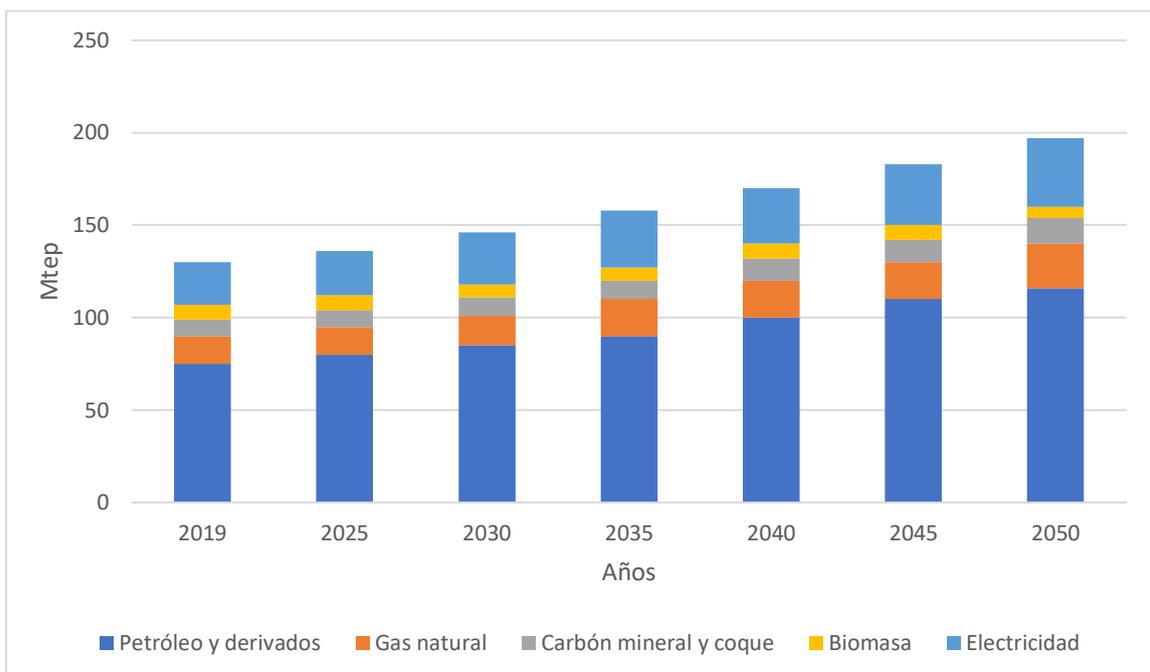


Figura 22. Proyección de la Capacidad instalada de energía en México

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

Las fuentes de información fueron las prospectivas energéticas elaboradas y publicadas por la SENER en este periodo de 2018-2032. En donde el petróleo crudo y sus derivados el gas natural el GLP las energías renovables y la electricidad en combinación con el balance energético del año 2019 dieron estos resultados.

La nueva Capacidad de generación eléctrica instalada bajo estas premisas es principalmente las centrales a gas natural, pero también es apreciable la capacidad renovable incorporada en este período que lo hacen incrementar en el año base.

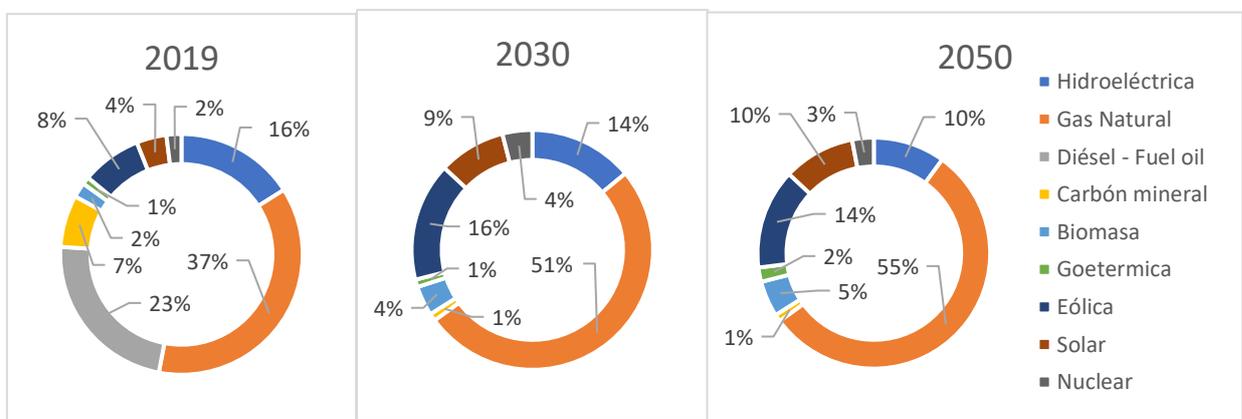
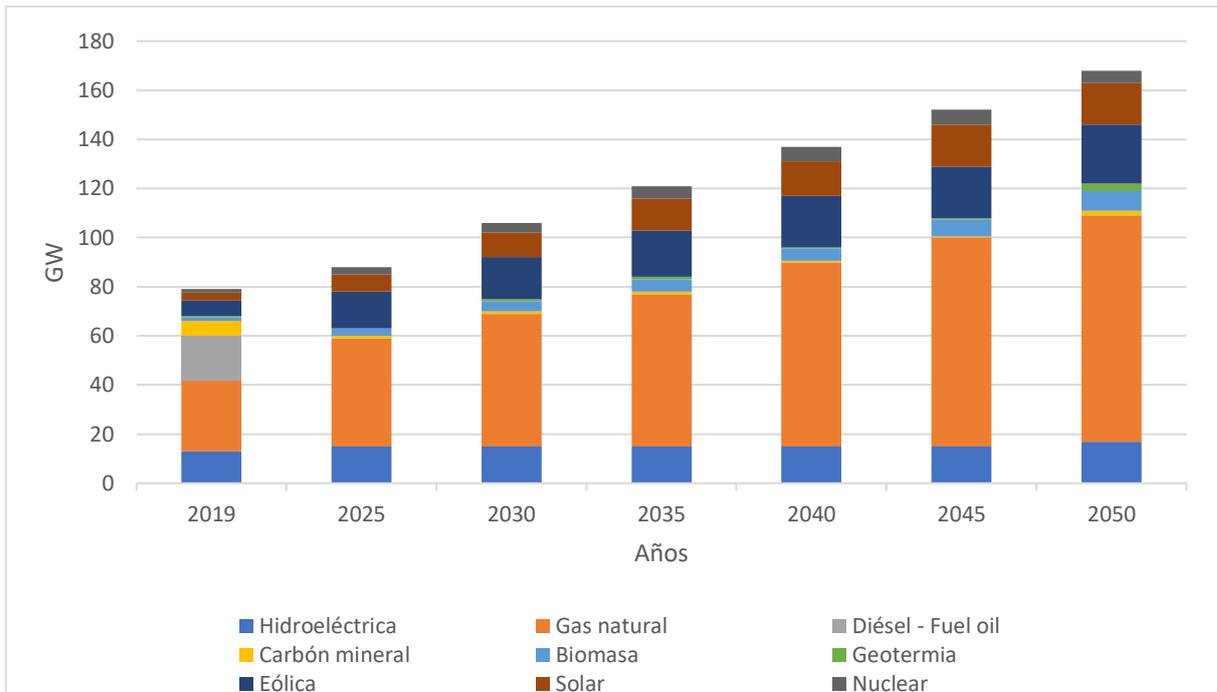


Figura 23. Proyección de la capacidad de generación eléctrica en México.

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

En estos períodos se puede observar como del 37% de gas natural se incrementa al 55 % de la generación eléctrica, igualmente la solar se incrementa desde un 4 % a un 10 % durante el horizonte planteado. Si embargo la reducción de la hidroeléctricas desde el 16 % hasta un 14% en 2030 y hasta un 10 % en el año 2050.

En el porcentaje de renovable de la capacidad instalada se puede observar en la figura 24 que desde el año base con un 31% de capacidad instalada al 2030 se incrementa a un 44 %.

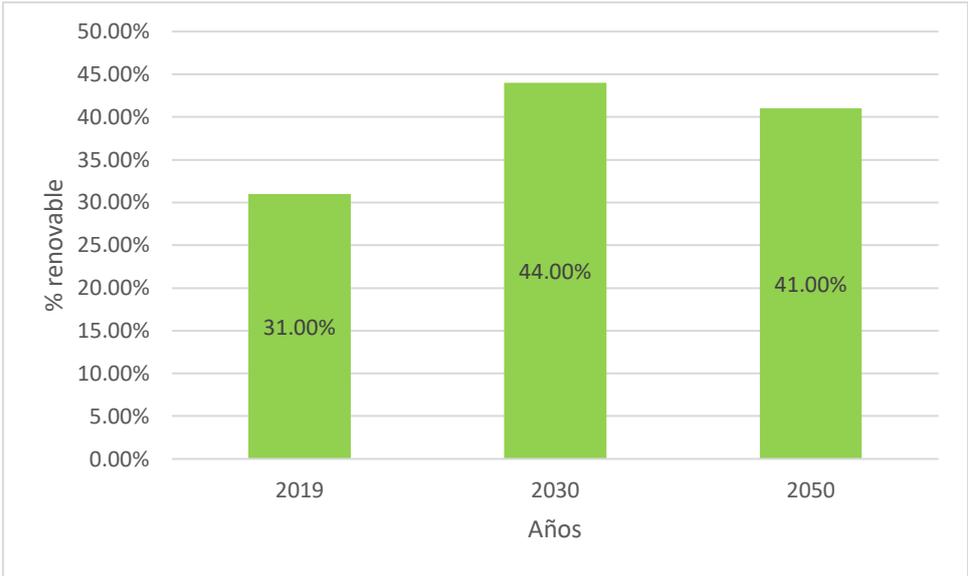


Figura 24. Porcentaje de renovable en la capacidad instalada en México

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

En la proyección de generación eléctrica según el escenario se mantiene el predominio del gas natural, con un incremento en las fuentes de energía renovable la cual pasa de un 22 % del año base a un 37 % en el 2030.

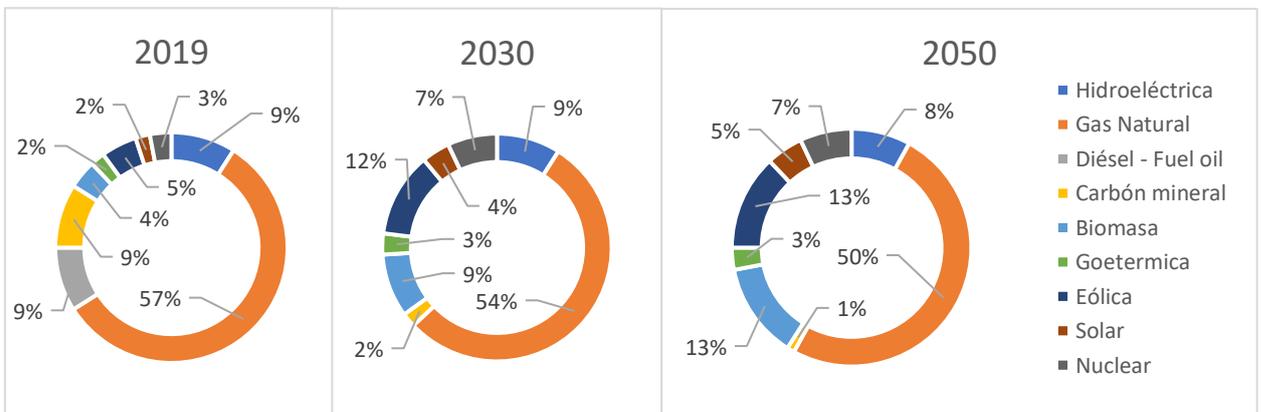
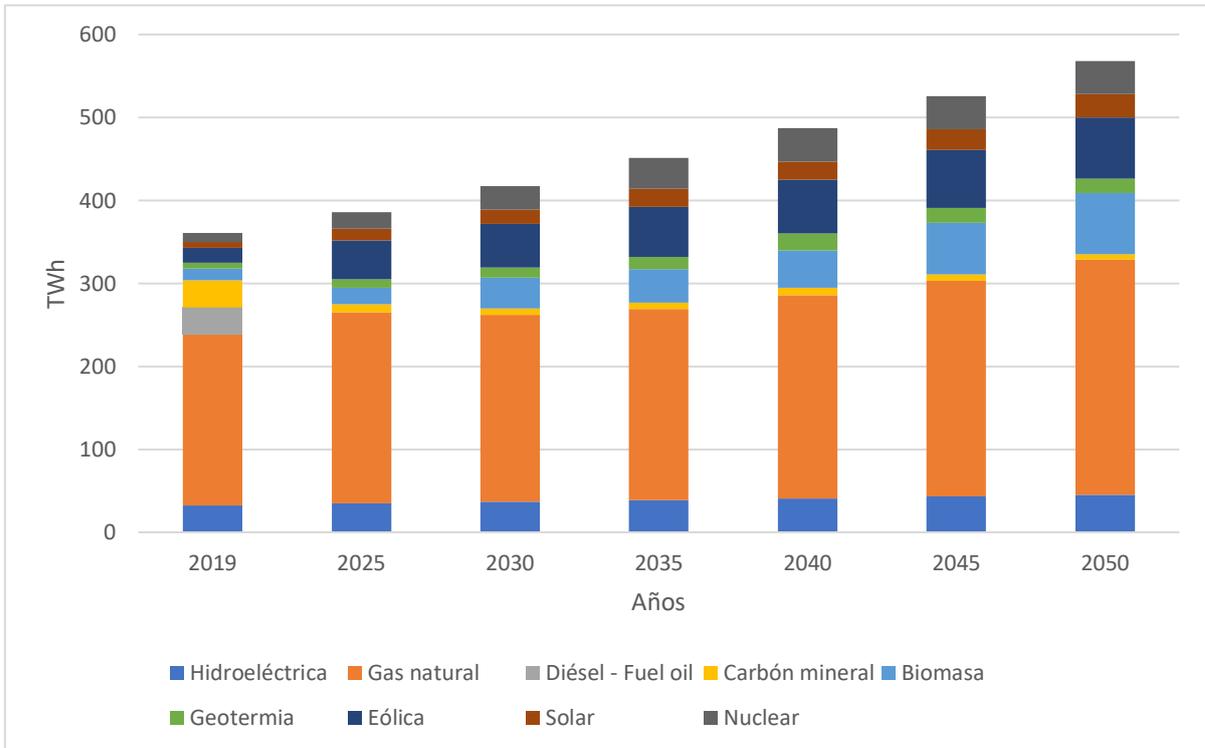


Figura 25. Proyección de la Generación eléctrica en México.

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

Para el año 2050 se tiene un porcentaje del 42 % y existe en este período un incremento de la generación termonuclear, mientras que los derivados del petróleo desaparecen y el uso de carbón mineral se reduce a la mínima expresión.

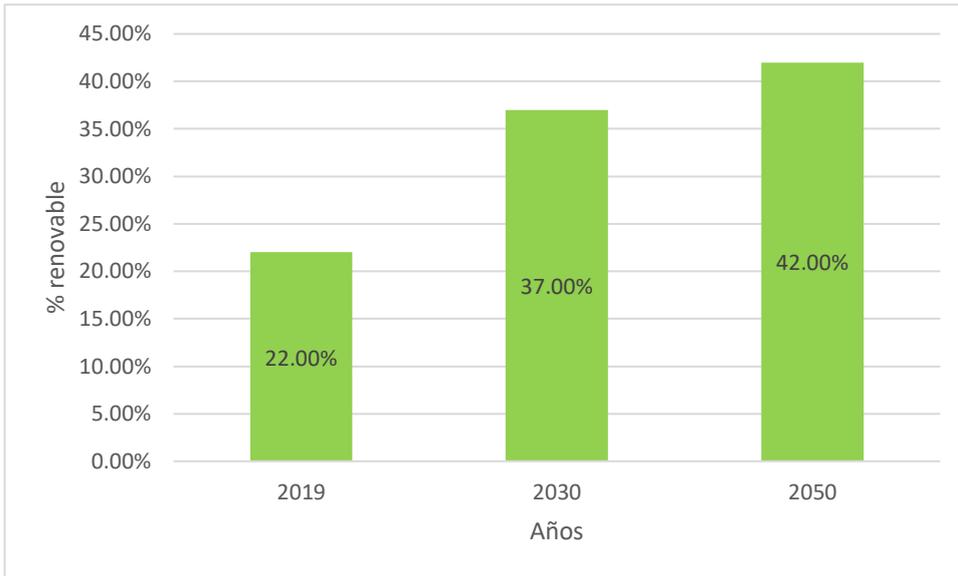


Figura 26. Porcentaje renovable de la generación eléctrica en México.

Fuente: (Castillo et al., 2018-2021)

En lo referente a la proyección de la generación en energía renovables se incrementan por lo anterior desde un 22 % en el año base a 37% en 2030, y proyectado a 42% para el año 2050.

## CAPÍTULO II.

### 2 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

#### 2.1 Análisis del estado inicial de los sistemas de generación de energía relacionados con la Amazonía Ecuatoriana.

La República del Ecuador se encuentra ubicada en la costa noroeste del océano Pacífico y con una extensión aproximada de 283.561 km<sup>2</sup> y está limitada por Colombia al norte, al sur y este con Perú. Está en una zona tropical donde se definen cuatro regiones como son costa, sierra, oriente y región insular o Galápagos definidas por el clima y la geografía. Se dan dos estaciones climáticas definidas por el clima de acuerdo a la altitud y regiones, dando como resultado el invierno cuando predominan las lluvias y es cálido, mientras que el verano que es una temporada seca y con temperaturas más bajas (Palomares & Aristizabal, 2016).

La población del Ecuador es aproximadamente diecisiete millones y medio de habitantes, con un índice de desarrollo humano de 0,73 considerado alto, con una tasa de crecimiento del 1,5% anual, con una esperanza de vida de 77 años. Además con emisiones de CO<sub>2</sub> (toneladas métricas per cápita) de 2,3 hasta el año 2018, y un área selvática de 50,3% de tierra, y con una población que tiene un acceso a la electricidad el 98,8% (Banco Mundial, 2022).

Sin embargo, la producción de electricidad a partir de fuentes renovables, excluida la hidroeléctrica es de 2,1% hasta el año 2015 como referencia. El Ecuador en su plan maestro de electricidad ya promueve aumentar la capacidad instalada provenientes del 59.84% de fuentes renovables, y el 40.16% de fuentes No Renovables, con un total de 5252.57 km de líneas de sub-tramisión para llevar la energía, y reducir las pérdidas de energía hasta alcanzar un 11.40% (MERNNR\_PLAN\_MAESTRO, 2020). Además de aplicar unas políticas tarifarias y la ejecución de diferentes programas de eficiencia energética en iluminación, vías públicas, el reemplazo de refrigeradoras antiguas y de alto consumo. El etiquetado de los artefactos de uso en el hogar con las normativas de eficiencia energética ha permitido la disminución en la demanda eléctrica a nivel nacional (MERNNR\_PLAN\_MAESTRO, 2020).

El plan maestro se resume en la siguiente figura 27 en la producción de energía renovable representa el 72.70% de la generación eléctrica con energías renovables en el año 2018.

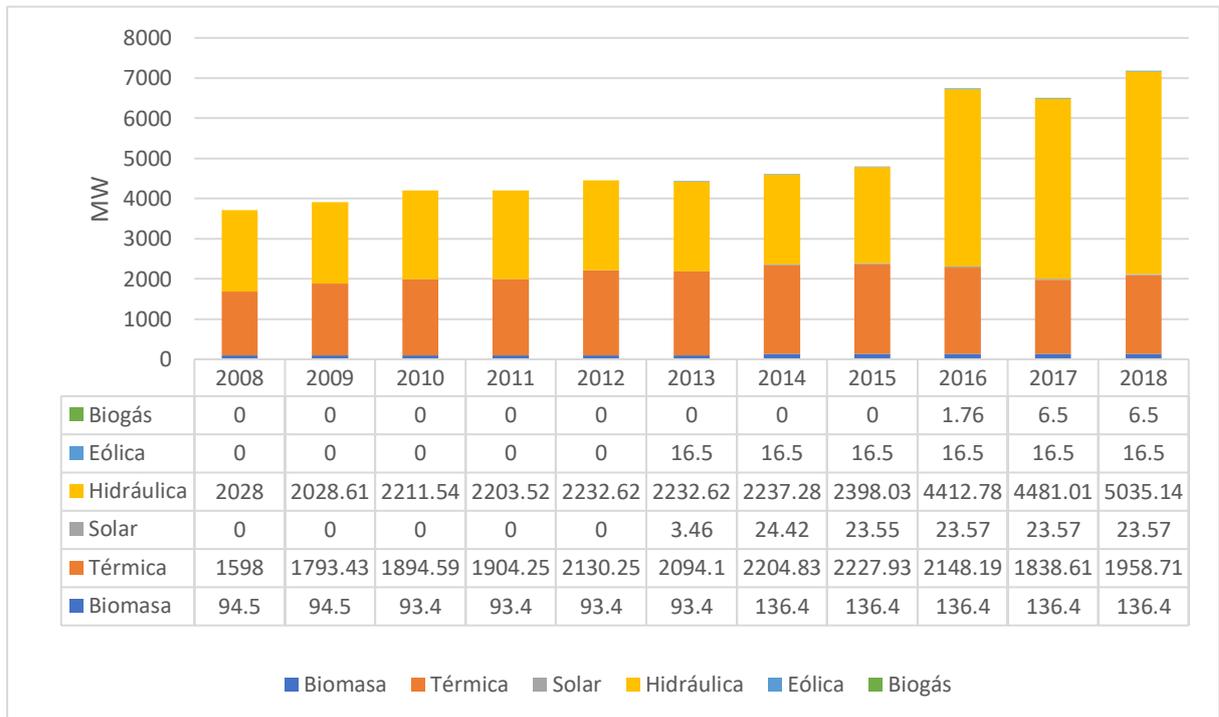


Figura 27. Evolución de la capacidad de potencia efectiva en el SNI 2008-2018

Fuente (MERNNR\_PLAN\_MAESTRO, 2020)

La generación de energía eléctrica se produce de fuentes renovables y no renovables, como hemos visto la generación se compone de fuentes hidroeléctricas, fotovoltaicas, eólicas y termoeléctricas que consumen biomasa y biogás, mientras que las no renovables utiliza combustibles fósiles y son las de turbo gas, turbo vapor y motores de combustión interna (MCI).(ARCERNNR\_ESTADISTICA, 2020). Con estos antecedentes la producción energética Renovable se presenta en la siguiente Tabla 2. Que se muestra el histórico de potencia efectiva que ha crecido en el tiempo.

Tabla 2. Potencia efectiva por tipo de fuente MW

Tipo de energía	Tipo central	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Renovable</b>	hidraulica	2,207.17	2,236.62	2,236.62	2,240.77	2,401.52	4,418.18	4,486.41	5,036.43	5,046.63	5,064.16
	eólica	2.40	2.40	18.90	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15
	termica Biomasa	93.40	93.40	93.40	136.40	136.40	136.40	136.40	136.40	136.40	136.40
	fotovoltaica	0.04	0.08	3.87	26.37	25.50	25.59	25.59	26.74	26.74	26.74
	térmica Biogás	-	-	-	-	-	1.76	6.50	6.50	6.50	6.50
<b>Total Renovable</b>		2,303.01	2,332.50	2,352.79	2,424.69	2,584.57	4,603.08	4,676.05	5,227.22	5,237.42	5,254.95
No Renovable	térmica	2492.67	2730.44	2749.96	2874.39	2972.41	3003.80	2769.11	2820.89	2835.39	2840.30
<b>Total General</b>		4,795.68	5,062.94	5,102.75	5,299.08	5,556.98	7,606.88	7,445.16	8,048.11	8,072.81	8,095.25

Fuente : (ARCERNNR\_ESTADISTICA, 2020)

En donde se puede verificar que el incremento de la energía con fuente renovable a incrementado en un 128,8%, esto demuestra que la mayor participación de la fuente de energía renovable fue la hidroeléctrica.

Tabla 3. Potencia nominal y efectiva por tipo de fuente 2020

Tipo Fuente	Tipo de Central	Tipo de Unidad	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva	
				(MW)	%
Renovable	Hidráulica	Hidráulica	5,098.75	5,061.16	62.56
	Biomasa	Turbovapor	144.30	136.40	1.68
	Fotovoltaica	Fotovoltaica	27.63	26.74	0.33
	Eólica	Eólica	21.15	21.15	0.26
	Biogás	MCI	4.26	6.50	0.08
<b>Renovable</b>			5,296.09	5,251.95	64.91
No Renovable	Térmica	MCI	2,029.74	1,633.25	20.18
		Turbogás	921.85	775.55	9.58
		Turbovapor	461.63	431.50	5.33
<b>No Renovable</b>			3,413.22	2,840.30	35.09
<b>Total, General</b>			8,709.31	8,092.25	100.00

Fuente: (ARCERNNR\_ESTADISTICA, 2020)

Lo que se puede concluir que la participación de centras hidráulicas con un 62.56% seguido de las térmicas no renovables tipo MCI, con un valor de 20,18%.

Tomando en cuenta para las provincias del Oriente Ecuatoriano se tiene la siguiente tabla de resumen para los valores de generación con respecto al sector eléctrico.

Tabla 4. Potencia y numero de centrales por provincia y tipo de fuente de energía 2020.

Provincia	Renovables			No Renovables			Total		
	numero de centrales	potencia nominal en MW	potencia efectiva MW	numero de centrales	potencia nominal en MW	potencia efectiva MW	numero de centrale	potencia nominal en MW	potencia efectiva MW
Morona Santiago	4	138.38	137.89	1	4.50	4.00	5	142.880	141.890
Napo	5	1557.50	1532.65	5	77.63	54.44	10	1636.130	1587.090
Orellana	-	-	-	88	783.18	604.19	88	783.180	604.190
Pastaza	1	0.20	0.20	-	61.10	50.97	4	61.300	51.170
Zamora Chinchipe	2	182.40	182.40	-	-	-	2	182.400	182.400
<b>TOTAL</b>	12	1878.48	1853.14	94	926.41	713.6	109	2805.89	2566.74

Fuente: (ARCERNNR\_ESTADISTICA, 2020)

Es necesario mencionar que los valores de la potencia en la provincia de Napo en la generación es por la Central Coca codo Sinclair.(MERNNR\_PLAN\_MAESTRO, 2020).

En lo referente a la producción de energía que se tienen a nivel de todo el territorio ecuatoriano se muestra en la siguiente tabla 5 donde se muestra con respecto a la energía renovable y no renovable.

Tabla 5. Producción de energía bruta por tipo de central.

Tipo de Energía	Tipo de Central	Energía Bruta	
		GWh	%
Renovable	Hidráulica	24,333.26	77.87
	Biomasa	426.59	1.37
	Eólica	77.10	0.25
	Biogás	43.99	0.14
	Fotovoltaica	37.76	0.12
<b>Renovable</b>		24,918.71	79.74
No Renovable	Térmica MCI	4,422.11	14.15
	Térmica Turbogás	981.75	3.14
	Térmica Turbovapor	925.43	2.96
<b>No Renovable</b>		6,329.29	20.25
<b>Total, General</b>		31,248.00	99.99

Fuente: (ARCERNNR\_ESTADISTICA, 2020)

Por medio de esta información podemos decir que en lo referente a la producción de energía bruta a nivel nacional la de tipo de central Hidroeléctrica lleva el 77.87 % del su predominio, en lo referente a la energía renovable, mientras que, en las centrales no renovables la térmica MCI, está en 14.15% de la producción. Esto se puede concluir que la energía bruta producida por estas fuentes, corresponde a un 79.7 % con una producción de 24918.71 GWh y en la no renovable el 20.26% que representa 6329.29 GWh.(ARCERNNR\_ESTADISTICA, 2020)

Es necesario mencionar que en los proyectos emblemáticos del Ecuador en los sectores estratégicos, servicios y empresas públicas Art. 313 en la constitución de la República del

Ecuador establece: “ Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social”(MERNNR\_PLAN\_MAESTRO, 2020). El plan de expansión de Generación 2013-2022, implica que ya están en funcionamiento pleno, o por cumplir su objetivo de construcción. En la tabla 6 se indican los proyectos estratégicos que implementarse:

Tabla 6. Proyectos emblemáticos de Generación eléctrica

No.	NOMBRE	CAPACIDAD (MW)	ENERGIA MEDIA (GWh/año)
1	Proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair	1,500.00	8,743.00
2	Proyecto Hidroeléctrico Quijos	50.00	353.00
3	Proyecto Hidroeléctrico Manduriacu	60.00	349.00
4	Proyecto Hidroeléctrico Toachi Pilatón	253.00	1,190.00
5	Proyecto hidroeléctrico Sopladora	487.00	2,800.00
6	Proyecto hidroeléctrico Mazar Dudas	20.82	125.00
7	Proyecto hidroeléctrico minas San Francisco	270.00	11,290.00
8	Proyecto eólico Villonaco	16.50	64.00
9	Proyecto hidroeléctrico Delsitanisagua	115.00	904.00

Fuente: (MERNNR\_PLAN\_MAESTRO, 2020)

Si embargo, en referencia a la cobertura del servicio de energía eléctrica en la sociedad en general es por tanto la expansión y operación sustentable del sector, para lo cual debe propender a incrementar su cobertura. Según la cobertura por región se tiene la siguiente tabla 7.

Tabla 7. Cobertura del servicio eléctrico 2018

Región	Cobertura
Sierra	98.41%
Costa	96.37%
Amazonía	92.77%
Insular	99.68%
<b>Total, país</b>	<b>97.33%</b>

Fuente: (MERNNR\_PLAN\_MAESTRO, 2020)

Aquí, se verifica que la región Amazónica desde un punto de vista de sustentabilidad se proyecta un 92.77%, y se puede inferir que el suministro de energía eléctrica es capaz de mejorar la calidad de vida de los ecuatorianos y sobre todo con una tendencia de crecimiento en su cobertura de servicio eléctrico, con la mayor generación a través de la energía renovable.

## 2.2 Condiciones generales y la incidencia del petróleo.

En las centrales que utilizan combustibles en su producción de la energía eléctrica comparando desde el año 2011 hasta el año 2020 se visualiza una reducción en el consumo de los principales combustibles fósiles, por ejemplo, el fuel oil se reduce en un 60.76%, el Diesel en un 30% y el residuo en 71.90% en los que más han sido representativos, que es debido a la nueva incorporación de centrales hidroeléctricas.

Tabla 8. Consumo de combustible utilizada en generación eléctrica.

Combustible	unidad	2011	2012	2013	2014	2015
Fuel Oil	kgal	265,997.77	312,667.03	343,514.47	368,783.70	335,750.59
Diesel	kgal	172,273.64	139,167.80	176,864.55	185,573.03	212,376.03
Hafta	kgal	14,711.27	90.75	2,705.72	-	-
Gas Natural	kpcx10E4	17.71	23.23	25.87	26.65	25.72
Residuo	kgal	34,128.95	32,849.20	32,114.49	36,238.50	58,770.98
Crudo	kgal	62,806.49	67,155.41	75,613.48	77,091.05	75,124.33
GLP	kgal	7,069.02	6,295.76	5,864.25	6,335.57	7,290.65
Bagazo de Caña	t	1,064,253.42	1,122,340.36	1,093,354.33	1,447,068.95	1,504,439.27
Biogás	m3	-	-	-	-	-

Combustible	unidad	2016	2017	2018	2019	2020
Fuel Oil	kgal	249,953.74	141,680.00	186,006.83	134,026.99	104,342.82
Diesel	kgal	105,279.36	108,232.19	114,307.25	127,921.90	120,583.17
Hafta	kgal	0.01	-	-	-	-
Gas Natural	kpcx10E4	26.18	23.53	20.21	18.06	15.60
Residuo	kgal	49,579.46	28,454.43	28,604.41	15,615.77	9,589.09
Crudo	kgal	100,370.48	101,490.06	111,875.10	117,919.25	118,820.99
GLP	kgal	8,300.80	7,091.62	7,897.94	6,301.22	6,648.22
Bagazo de Caña	t	1,542,813.88	1,668,501.78	1,437,079.48	1,623,297.24	1,593,582.26
Biogás	m3	8,119,299.87	6,327,344.01	6,622,714.15	24,938,767.94	26,724,994.15

Fuente:(ARCERNR\_ESTADISTICA, 2020)

Es necesario decir que la producción de energía eléctrica mediante las nuevas centrales va utilizando menos combustibles fósiles, y, por tanto, la incorporación de estas centrales renovables con predominio en las centrales hidroeléctricas en el sector, han logrado reducir el consumo de combustible. (MERNNR\_PLAN\_MAESTRO, 2020)

### 2.3 Potencialidades energéticas en la Amazonia Ecuatoriana.

En el balance nacional de energía se puede apreciar el incremento en la capacidad instalada de las energías renovables a nivel nacional en biomasa, biogás, eólica y solar siendo la biomasa con 427 MW instaladas seguido de eólica con 77 MW.

Tabla 9. Potencia efectiva nacional en MW

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Var. (%) 2020/2019	Var (%) promedio anual 2010/2020
Hidráulica		8636.00	11133.00	12238.00	11039.00	11458.00	13096.00	15834.00	20089.00	20678.00	24341.00	24333.00	-1.12	10.91
Térmica		10634.00	9129.00	10311.00	11865.00	12354.00	12311.00	10868.00	7375.00	8019.00	7066.00	6329.00	-10.42	-5.06
otras renovables	BIOMASA	236.00	278.00	296.00	296.00	399.00	408.00	477.00	431.00	382.00	414.00	427.00	3.15	6.12
	BIOGAS							13.00	28.00	46.00	41.00	44.00	6.87	
	EOLICA	3.00	3.00	2.00	57.00	80.00	99.00	84.00	73.00	80.00	86.00	77.00	-9.85	36.50
	SOLAR				4.00	16.00	36.00	39.00	37.00	38.00	38.00	38.00	0.39	
	TOTAL	239.00	281.00	298.00	357.00	495.00	543.00	613.00	569.00	546.00	579.00	586.00	1.31	9.37
Interconexión		873.00	1295.00	238.00	662.00	837.00	512.00	82.00	19.00	106.00	6.00	251.00	4202.38	-11.73
Total		20382.00	21838.00	23085.00	23923.00	25144.00	26462.00	27397.00	28052.00	29349.00	31992.00	31499.00	-2.45	4.45

Fuente:(BALANCE\_ENERGETICO, 2020).

Igualmente las centrales Hidroeléctricas se incrementan en una capacidad 24333 MW hasta el año 2020 lo que da una variación promedio anual 10.91% lo que al contrario en energías renovables con respecto a la energía eólica se incrementa en un promedio de 36.50%, es decir que la introducción de las nuevas centrales tecnológicas dan un aval al crecimiento energético y cambio en su matriz energética (BALANCE\_ENERGETICO, 2020).

En la Amazonía ecuatoriana 4 provincias que predominan representan el aporte al sistema energético, como son: Napo 18.77%, Morona Santiago 1.64%, Pastaza 0.7% y Zamora Chinchipe 2.09 %. Los resultados del atlas 2021 Figura 28 y Figura 29, demuestran cómo están ubicadas las centrales renovables y no renovables en la Amazonía (ATLAS\_ELECTRICO, 2021).

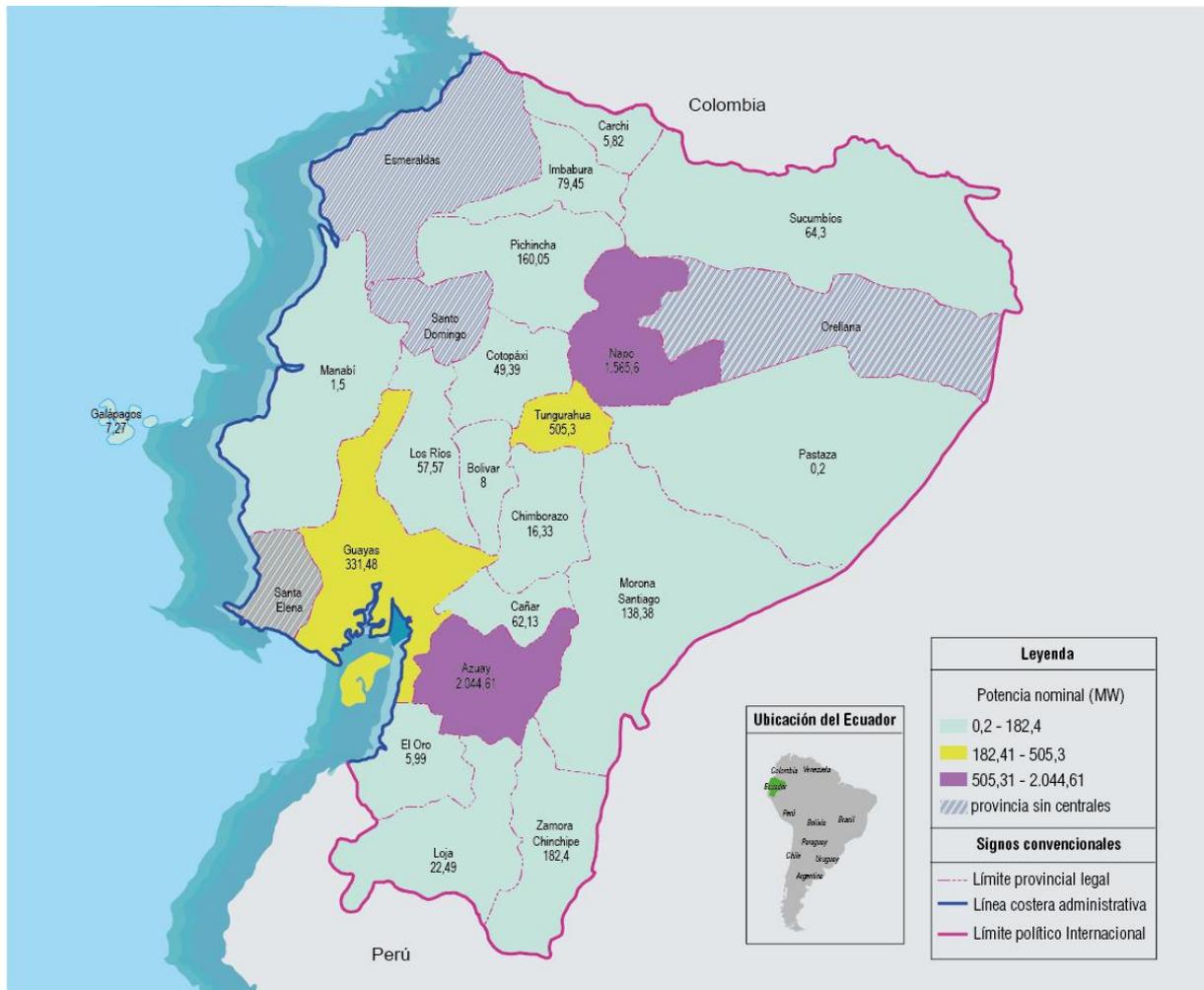


Figura 28. Potencia nom. centrales de generación, energía renovable por provincia (MW).

Fuente: (ATLAS\_ELECTRICO, 2021)

En la Amazonia ecuatoriana la provincia que no tiene centrales por fuente renovables es Orellana, mientras que, en las provincias hacia el sur, como Zamora Chinchipe es la provincia que no tiene centrales con fuentes no Renovables.

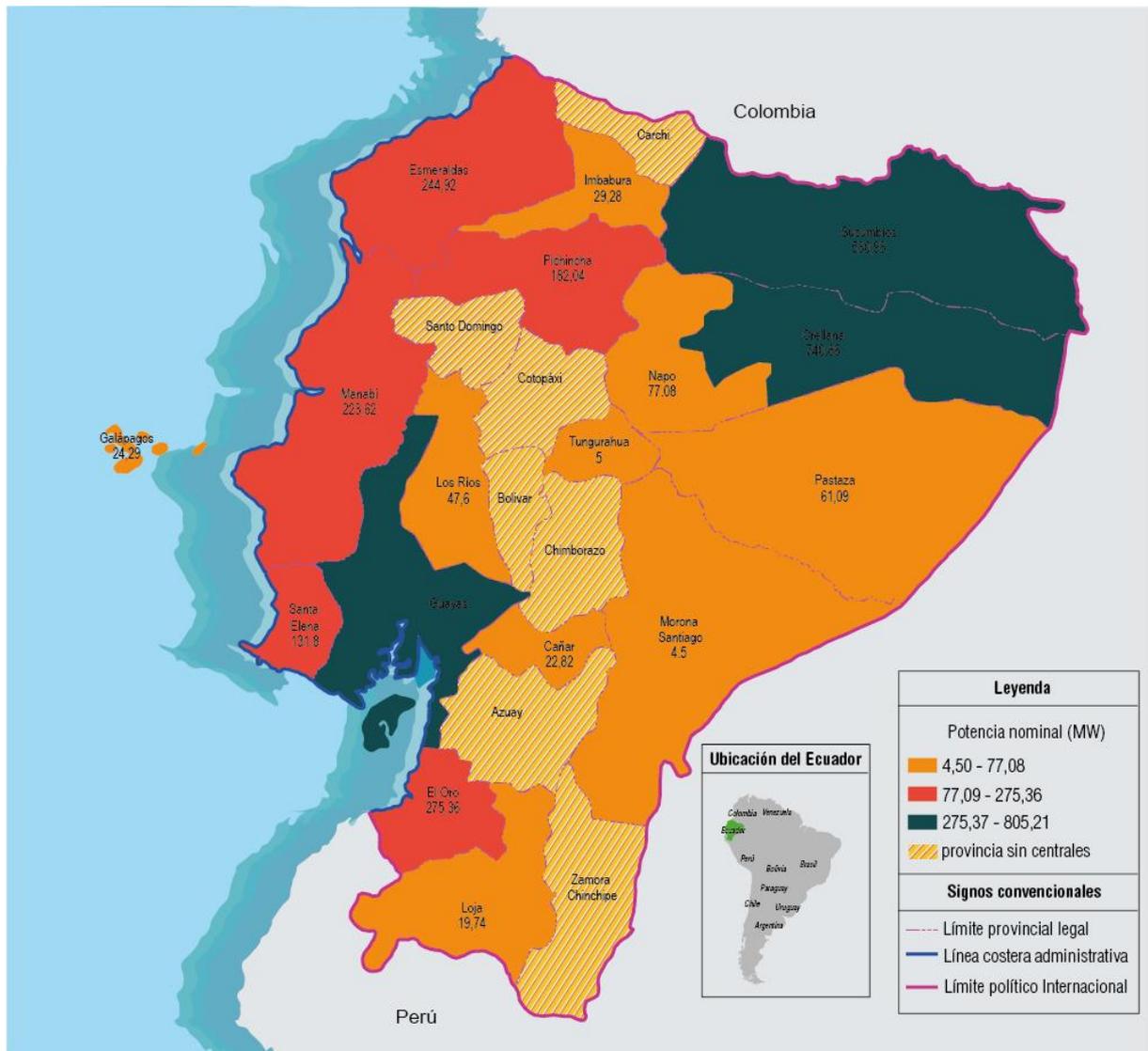


Figura 29. Potencia nominal de centrales de generación no renovable por provincia

Fuente: (ATLAS\_ELECTRICO, 2021)

### 2.3.1 Energía eólica

La producción de la energía eólica se basa en la transformación de la energía eólica cinética en energía eléctrica con la ayuda de aerogeneradores, los mismos que con el paso del tiempo han mejorado su rendimiento y eficiencia de producción esto nos ayudó a tener una reducción en el costo de producción (Carta González et al., 2013).

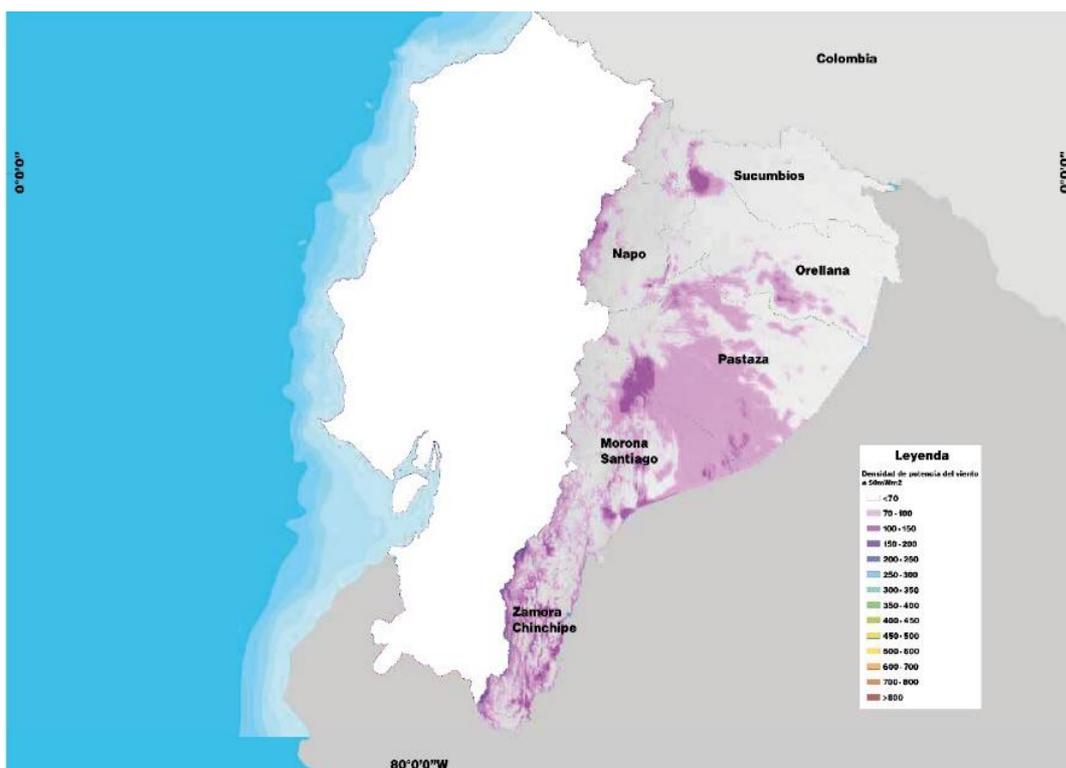


Figura 30. Densidad de potencia media anual del Ecuador Amazonía.

Fuente: (Ministerio de Electricidad y energía Renovable, 2013)

En la Amazonia Ecuatoriana, el potencial eólico nos ayudaría a estimar el nivel de hidrogeno verde, podemos partir de la información contenida en el Atlas Eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica, en el mismo que genera mapas de las velocidades anuales del viento. Aplicados a un mapa digital que calcula el rendimiento y la producción de energía eléctrica.

Los impactos que generan los parques Eólicos son generalmente aceptados y considerados por los científicos. En la provincias de la Amazonía por la frondosa vegetación selvática influye en la velocidad del viento, en los niveles cercanos al suelo (Ministerio de Electricidad y energía Renovable, 2013).

Igualmente la producción en promedio de generación eléctrica tenemos, con un potencial bruto: Zamora Chinchipe con vientos de 7-7.5 m/s con una potencia instalable de 5.91MW para una producción de 10.15 GWh anual, con vientos en promedio de 7.5-8 m/s será una potencia instalable de 5.91MW, con una producción eléctrica de 15.38 GWh anual (ATLAS\_ELECTRICO, 2021). Además es necesario afirmar que el potencial eólico bruto del Ecuador es de 1671MW con una producción energética media de 2869 GWh/año, sin

embargo la relación al potencial factible es de una producción de 1697 GWh año aproximadamente(Samaniego & Abad, 2015).

### 2.3.2 *Energía solar*

En la producción de la energía solar consideramos la energía solar fotovoltaica, se basa en el fenómeno de efecto fotovoltaico, con ayuda de los paneles fotovoltaicos los mismos que tienen dispositivos semiconductores denominadas células fotovoltaicas capaces de convertir la luz solar en energía eléctrica. Las células fotovoltaicas se arman sobre paneles o módulos solares con la finalidad de conseguir un voltaje adecuado(CONELEC\_ATLAS\_SOLAR, 2008).

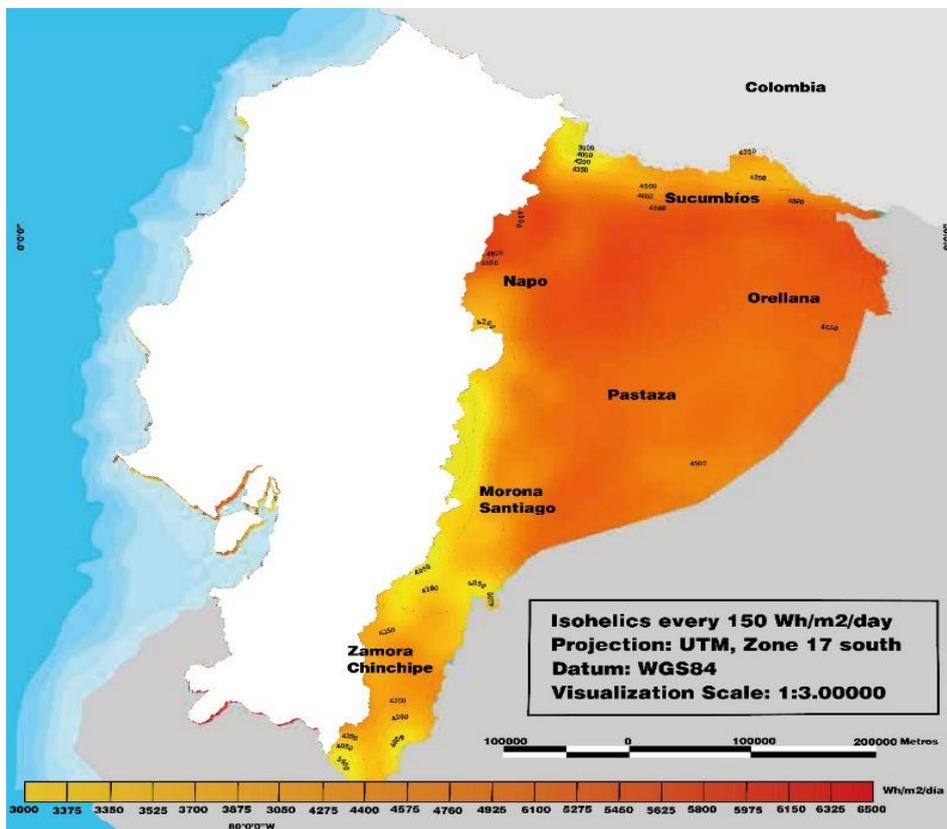


Figura. 31. Atlas solar del Ecuador región amazónica.

Fuente:(CONELEC\_ATLAS\_SOLAR, 2008)

La misma que en la última década ha tenido un gran avance tecnológico y crecimiento de su capacidad instalada en el Ecuador, cabe destacar que la ubicación geográfica del Ecuador nos brinda un gran potencial solar. En la siguiente tabla podemos ver la irradiación media de las 4 regiones del Ecuador.

Tabla 10. Irradiación solar media según la zona.

Potencia solar en el Ecuador	
Región	Radiación media
Interandina	4.5 kWh
Costa	3.5 kWh
Amazónica	3.8 kWh/m <sup>2</sup> año
Galápagos	4.5 kWh/m <sup>2</sup> año

Fuente: (CONELEC\_ATLAS\_SOLAR, 2008)

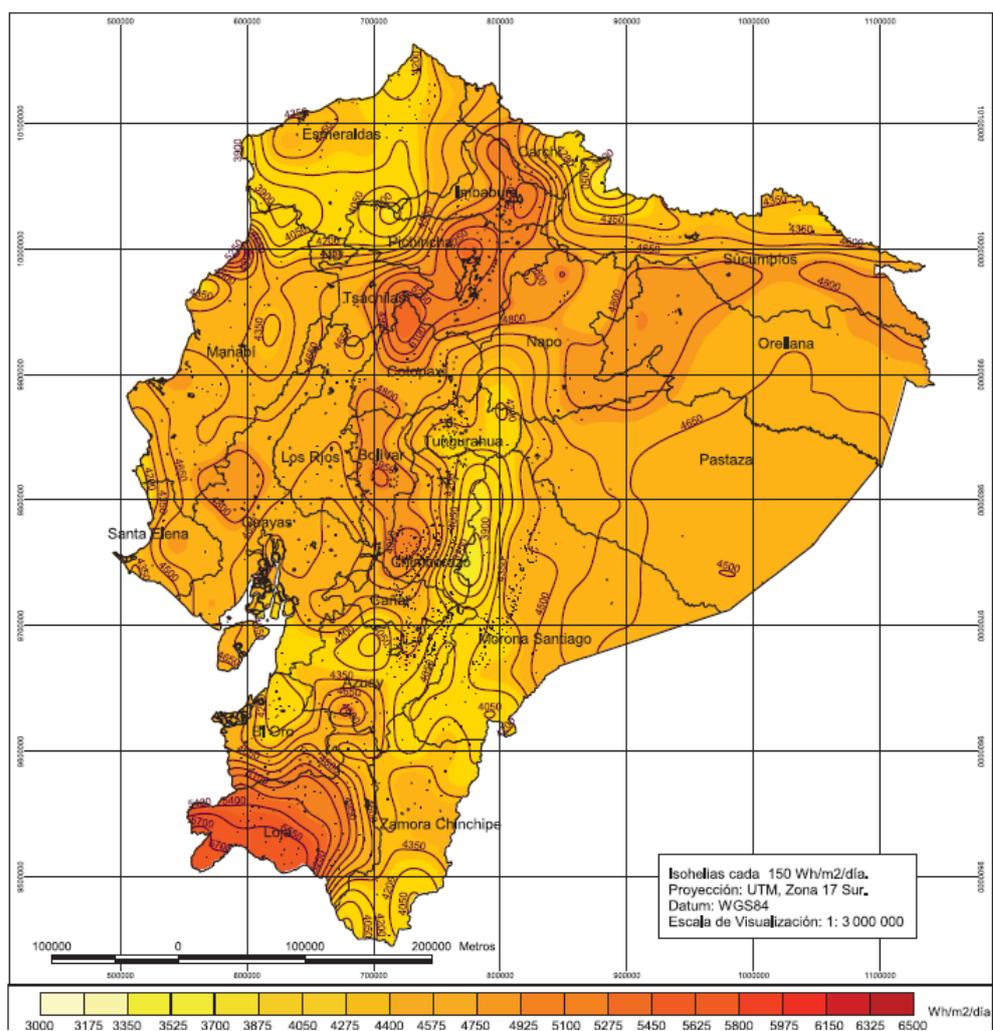


Figura 32. Insolación media anual total en Ecuador.

Fuente: (CONELEC\_ATLAS\_SOLAR, 2008)

También tenemos grandes avances en el sector privado en el oriente ecuatoriano por la dificultad de suministro de una red muchos hogares ya han invertido en su propia fuente de generación fotovoltaica los cuales dan resultados muy positivos considerando que estamos en un país donde tenemos una alta radiación solar más alta del planeta lo que nos brinda muchas oportunidades para el desarrollo y el emprendimiento.

Tabla 11. Producción fotovoltaica por provincia.

Provincia	PAG <sub>H2</sub> (kg H <sub>2</sub> /año)	PV Electricity Energy Provincia GWh
Sucumbíos	$1.85 \times 10^7$	1000
Napo	$1.33 \times 10^7$	601-800
Orellana	$2.29 \times 10^7$	1000
Pastaza	$3.06 \times 10^7$	1000
Morona Santiago	$2.36 \times 10^7$	1000
Zamora Chinchipe	$1.02 \times 10^7$	401-500
PROMEDIO TOTAL		883.3

Fuente: (CONELEC\_ATLAS\_SOLAR, 2008)

En el caso del dimensionamiento o diseño del sistema solar fotovoltaico contiene una serie de procesos de calculo que nos ayudan a optimizar el uso y la generación de la energía eléctrica con energía solar(CONELEC\_ATLAS\_SOLAR, 2008).

### **2.3.3 Energía geotérmica**

Las tecnologías para la producción de energía eléctrica con el uso de la energía geotérmica, en este caso se aprovecha las altas temperaturas de la tierra para producir electricidad. La energía geotérmica es la más competitiva ya que cuenta con muchas ventajas sobre las demás energías renovables, su campo de aprovechamiento siempre va a ser el mismo y su energía calórica tiene un alto nivel de conservación de energía, es una de las energías renovables que para su generación necesita un menor costo de inversión. En un estudio preliminar sobre la obtención de energía eléctrica a través de la energía geotérmica, sostiene que en el Ecuador tiene un potencial limpio de la tierra que posee un potencial de generación estimado de 6500 MW, siendo 952 MW cuatro proyectos en prospección.(Samaniego & Abad, 2015).

El utilizar la energía geotérmica es por su carácter renovable e ilimitada del recurso, su explotación ofrece un enorme potencial para el Ecuador pues se encuentran de fácil acceso. Estos recursos se encuentran en la región sierra después de estudios realizados por INECEL(ex - Instituto Ecuatoriano de Electrificación), con OLADE (Organización Latinoamericana de Energía) y otras instituciones internacionales en el año 1979 (Samaniego & Abad, 2015). Estas zonas identificadas fueron las denominadas Grupo A y Grupo B, las primeras de prioridad comprenden en la provincia de Imbabura, cantón Cayambe, Tufiño. Las segundas Grupo B al sur como Ítalo, Chimborazo y Cuenca(Samaniego & Abad, 2015).



Figura 33. Áreas de interés Geotérmico, (las elipses Grupo A y línea discontinua Grupo B).

Fuente:(Samaniego & Abad, 2015)

Los resultados del estudio se tienen en la siguiente tabla:

Tabla 12. Estado actual de la exploración geotérmica en el Ecuador

Áreas / zonas	Fase de estudio 2009	Potencia nominal en MW	Fase de estudio 2013	Potencia eléctrica MW 2013
1.Tufiño	prefactibilidad	139	prefactibilidad	175
2.Chachimbiro	reconocimiento	113	prefactibilidad	81
3.Chalupas	reconocimiento	282	reconocimiento	282
4.Chalpatán	prefactibilidad	0	prefactibilidad	0
5.Cachiyacu	reconocimiento	379	prefactibilidad	39
6.Jamanco	reconocimiento	254	prefactibilidad	13
7.Oyacachi	reconocimiento	201	prefactibilidad	0
<b>TOTAL</b>		<b>1368</b>		<b>590</b>

Fuente:(Samaniego & Abad, 2015)

En el oriente ecuatoriano se descarta la generación geotérmica pese a que tenemos un volcán muy significativo, sus cantidades de generación no son significativas por el cual se descarta la generación geotérmica en la Amazonia Ecuatoriana.

### **2.3.4 Energía de Biomasa**

En la producción de la energía a partir de la biomasa residual la misma que se obtiene a partir de la agricultura, ganadería y silvicultura para los procesos químicos como fuente de hidrogeno ha ganado interés para la obtención de energía y la fabricación, refinado del petróleo, la producción de fertilizantes, la hidrogenación de grasas comestibles y afines(Carta González et al., 2013).

La Biomasa en el Potencia instalada en Generación es de 144.3 MW y representa 1.65%, dando una producción energética al servicio público de 146.84 GWh, que representa el 0.55%. Las centrales renovables consumen lo que es biomasa y biogás. En total las Centrales de Biomasa producen una energía total al sistema de 372,80GWh que representa el 1.43% del sistema nacional(ATLAS\_ELECTRICO, 2021).

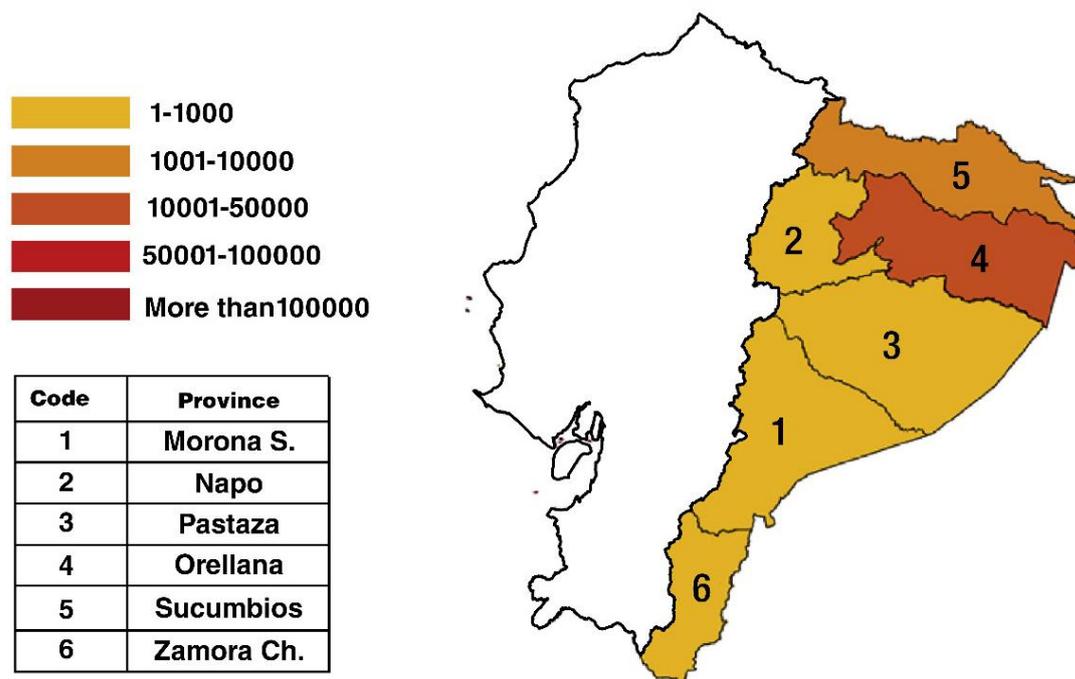


Figura 34. Densidad de producción de H<sub>2</sub> por provincia – Gasificación (ton/año km<sup>2</sup>)

Fuente: [www.elsevier.com/locate/he](http://www.elsevier.com/locate/he)

El hidrogeno ( $H_2$ ) a sido evaluado como un potencial de producción de varias fuentes de energía renovable, sobre la generación eléctrica en cada una de las provincias del Ecuador a partir de la biomasa residual.

En la biomasa en el ecuador se ha desarrollado principalmente el aprovechamiento del bagazo de caña en los grandes ingenios azucareros. Además, la construcción de biodigestores y la elaboración de biocombustibles se ha dado iniciativas muy competitivas. La principal aplicación de bioenergía en el Ecuador son los 101 MW instalados en Ecoelectric, San Carlos y Ecuador (MERNNR\_PLAN\_MAESTRO, 2020). La utilización de los residuos sólidos en plantas de tratamiento de la basura como en Pichicay en Cuenca con la empresa EMAC EP, procesa 638 m<sup>3</sup>/h de biogás producido por la basura (MERNNR\_PLAN\_MAESTRO, 2020).

### 2.3.5 Energía hidroeléctrica

Para obtener energía eléctrica necesitamos un conjunto de equipos electromecánicos especializados para transformar la energía potencial hídrica en energía eléctrica. El paso de la energía potencial acumulada del agua a través de una turbina lo mismo que produce una

energía mecánica la cual acciona un alternador y genera corriente eléctrica, su disponibilidad es a todas las horas por lo cual nos permite tener un servicio continuo durante todo el día(Carta González et al., 2013).

Para la operación de las centrales hidroeléctricas incluye un elemento que interrumpe la vía fluvial, formando un embalse. El agua se transporta por canales de presión, y se conduce a las turbinas de las céntrclas hidroeléctricas a través de tuberías reforzadas. Con lo cual al pasar por las turbinas obtenemos energía eléctrica para poder ser transmitida a grandes distancias debe pasar primero por un transformador para ser liberada a las líneas de transmisión eléctrica(Carta González et al., 2013).

Clasificación de las centrales hidroeléctricas:

- Centrales hidroeléctricas de gran potencia: más de 10 MW de potencia.
- Minicentrales hidroeléctricas: entre 1MW y 10 MW de potencia.
- Micro centrales hidroeléctricas: menos de 1 MW de potencia.

Tipos de Centrales Hidroeléctricas:

- Central Hidroeléctricas de Pasó: Este tipo de hidroeléctricas utilizan el agua de los ríos respetando las condiciones ambientales y el caudal disponible para mover las turbinas. En estas centrales el desnivel es muy pequeño por lo que necesitan un flujo de agua constante.
- Centrales Hidroeléctricas con Embalse de Reserva: son centrales que utilizan el agua para construir presas o embalses, las mismas que separan el agua de las turbinas con lo que podemos generar electricidad durante todo el año independientemente del caudal del río(Carta González et al., 2013).

Tabla 13. Centrales hidroeléctricas en la Amazonia

Hidroeléctricas	Ubicación	Tipo	Potencia nominal (MW)	Potencia efectiva (MW)
Coca codo Sinclair	Napo - El Chaco	Pasada	1.500,00	1.476,00
Delsitanisagua	Zamora Chinchipe - Zamora	Pasada	180	180
Hidrosanbartolo	Morona Santiago - Morona	Pasada	49,58	49,58
Due	Sucumbíos - Gonzalo Pizarro	Pasada	49,71	49,71
Normandía	Morona Santiago - Morona	Pasada	49,58	49,58
Pusuno	Napo - Tena	Pasada	38,25	38,25
Abanico	Morona Santiago - Morona	Pasada	38,45	37,99

Fuente: (ATLAS\_ELECTRICO, 2021)

## 2.4 Las energías renovables como una apuesta al futuro de la región.

La proyección del futuro con las energías renovables en la región amazónica da como resultado la factibilidad de poner a disposición centrales como Cardenillo que es la hidroeléctrica con una proyección de 596 MW con la ubicación en la provincia de Morona Santiago, con estudios definitivos y listos para el proceso público de selección para la concesión, su inversión será aproximada de 1300 millones de dólares americanos (ARCERNR\_ESTADISTICA, 2020).

Este representa el escalón final del desarrollo integral de la cuenca media del río Paute, conjuntamente con las centrales Mazar, Molino y Sopladora, su plazo para la construcción es de 72 meses para ingreso al SNI (MERNR\_PLAN\_MAESTRO, 2020).

Igualmente, la hidroeléctrica Santiago es un proyecto con una potencia de 2400 MW que también se encuentra localizada en la provincia de Morona Santiago en río del mismo nombre luego de la confluencia de los ríos Zamora y Namangoza. En los cantones de Tiwintza, Limón Indanza y Santiago de Méndez con los estudios definitivos, con una inversión aproximada de 3000 millones de dólares americanos (MERNR\_PLAN\_MAESTRO, 2020).

En resumen, el consumo de energía y el consumo per cápita en el año base 2020 a nivel por provincia en la Amazonía contiene la siguiente Tabla 14:

Tabla 14. Consumo de energía por provincia en Amazonía GWh

Provincia	Consumo de energía (GWh)	Consumo per cápita (Kwh/hab)
Sucumbíos	594.67	2579.88
Orellana	132.97	824.14
Napo	82.5	617.06
Pastaza	59.1	517.46
Morona Santiago	72.57	369.24
Zamora Chinchipe	278.31	2311.26

Fuente (ATLAS\_ELECTRICO, 2020).

Esto significa que las provincias que presentan el mayor consumo per cápita de energía eléctrica a nivel nacional es Sucumbíos por la carga de Petroamazonas EP, e igualmente las provincias de Zamora Chinchipe (Ávila-Villavicencio, Gonzalez-Redrovan, & Icaza-Álvarez, 2022).

## CAPÍTULO III.

### 3 MODELADO Y SIMULACIÓN

#### 3.1 Metodología.

Para realizar la simulación partimos desde la recopilación de datos de las energías renovables y las no renovables que estén siendo utilizadas para la generación eléctrica en nuestro año base, con la ayuda del software EnergyPLAN realizamos nuestra proyección al año 2050 con el propósito de obtener una matriz energética que sea 100% renovable, con lo cual obtenemos las curvas de generación, los mismos que deben estar de acorde a los recursos que disponemos en la Amazonia Ecuatoriana.

#### 3.2 Antecedentes de las energías renovables.

Las Energías renovables son un desarrollo fundamental en la Amazonía ecuatoriana, por tanto se orienta el diseño de centrales energéticas en casas, comunidades y hasta pueblos que sirve para aumentar la producción de energía del sector y región (LEIB, 2019).

En este trabajo se opta por realizar un análisis el cual se da a partir de una necesidad de un suministro eléctrico el mismo que ha llamado la atención a cientos de hogares en nuestra Amazonia Ecuatoria, sin desarticular el paisaje existente, sobre todo dependiendo del recurso existente en la zona en estudio.

En la actualidad el suministro de energía eléctrica convencional se está modernizando conforme va evolucionando las distintas formas de generación eléctrica, en el Ecuador los últimos años se ha fomentado la producción de energía mediante el uso de recursos renovables, siendo uno de los sistemas disponibles y que pueden ser explotados tanto en la zona urbana como en la rural por la facilidad de adquirir los equipos en el mercado (LEIB, 2019) (Daniel, Cabrera, & Arias, 2018)e. La producción primaria de energía provienen de recursos fósiles y en Ecuador subió hasta 154 TWh, es decir unos 10000 kWh anual per cápita(LEIB, 2019). En la Amazonía se puede lograr un nivel de una industrialización más limpia y amigable con muchos beneficios tanto sociales y retornar fondos a la conservación de bosques, especies y de sus recursos (LEIB, 2019). En la actualidad las tecnologías

hidroeléctricas, sistemas fotovoltaicos y biodigestores demuestran un avance al desarrollo sostenible (LEIB, 2019). En lo referente a las precipitaciones en la Amazonía se tiene valores con 4403 mm/a, y que por la ubicación de la cordillera de los Andes existe un gran número de ríos de alta densidad de cuencas hidrográficas que proponen construcciones de más represas o captaciones para generar electricidad (ATLAS\_ELECTRICO, 2020; LEIB, 2019).

Tabla 15. Diseños ejemplares de centrales hidroeléctricas

Consumidores	Potencia W	Energía kWh/año	Caudal	Desnivel m	Tipo de Turbina
Estudiante	1890	600	0.1	2.3	Ossberger
Familia 5 personal	9450	3000	0.25	4.5	Ossberger
Comunidad 50p	63000	20000	1	8	Ossberger
Comunidad 100p	157501	50000	2	9	Francis
Pueblo, 500p	787504	250000	8	12	Francis
Pueblo 1000p	1575008	500000	30	6	Kaplan

Fuente (LEIB, 2019)

En los sistemas fotovoltaicos que con llevan un desarrollo sostenible en la Amazonia ha comenzado desde un punto de vista necesario, que permiten un acceso directo y fácil de instalar en lugares aislados del SNI (sistema nacional interconectado) que son las comunidades amazónicas (LEIB, 2019). La siguiente tabla representa un análisis con datos del CONELEC (2008).

Tabla 16. Sistemas Fotovoltaicos en la Amazonía CONELEC (2008)

Consumidores	Potencia W	Energía kWh/año	Energía diaria + 30%	Potencia paneles E/4.8 HSP	No. Paneles (320W)
Estudiante	1890	600	2137	445	2
Familia 5 personas	9450	3000	10685	2226	7
Comunidad 50p	63000	20000	71233	14840	46
Comunidad 100p	157501	50000	178082	37100	116
Pueblo 500p	787504	250000	890411	185502	580
Pueblo 1000p	1575008	500000	1780822	371005	1159

Fuente (LEIB, 2019)

Estos elementos, pueden combinarse con otros sistemas que utilizan combustible para poder ayudar en el consumo eléctrico y demanda de estas comunidades.

Los sistemas Biodigestores también en el desarrollo local de estas comunidades a permitido que se utilicen para poder producir energía, y, por tanto, con la recolección de estiércol de ganado porcino, heces de cuyes etc. Se puede concluir que el Ecuador podría reemplazar el GLP de un costo de 77 MUSD por Biogás, y evitar 308 TnCO<sub>2</sub>, convertirlos en 274GWh de electricidad (ARCERNNR 2022, 2022; LEIB, 2019).

Se puede decir que los habitantes de la Amazonía pueden producir su propia energía renovable a base de recursos que están en situ, como se a mostrado anteriormente, sin embargo es necesario un equipamiento pequeño en ciertas comunidades de 1000 habitantes, y es factible con equipamientos técnicos (LEIB, 2019). El conjunto de fuentes energéticas iguala las deficiencias temporales y la energía de la biomasa como un crecimiento en este clima tropical caliente húmedo da como prioridad ser los primeros en la descentralización del sector eléctrico y desarrollo de una generación propia renovable(LEIB, 2019; Palomares & Aristizabal, 2016).

El Ecuador en el año 2015, suscribe la agenda 2030 de las Naciones Unidas que incluye los 17 ODS, de los cuales el ODS 7 “garantiza el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos” (NATALIA GREENE, 2020). Además para las ciudades amazónicas según la Resolución Nro. 042/18 que propone la “micro generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica” y es la implementación y desarrollo de consumidores en la micro generación solar de hasta 100kW (ARCERNNR\_ESTADISTICA, 2020; MERNNR\_PLAN\_MAESTRO, 2020). La Amazonía tiene un gran potencial energético aún por desarrollar y en el invertir, por su situación geográfica, la exposición solar y la posibilidad de manejar los desechos de animales y humanos dan lugar que en vez de ser un problema sea una gran oportunidad. En Resumen, lo principal tenemos para la Amazonía:

- a) Energía solar y fotovoltaica dan calidad de vida y ambiente, y por el potencial en la región justifica la inversión en las comunidades aisladas de la Amazonía. La aplicación de minigrids solares y sistemas solares individuales maximizan el uso de estos en calentar agua, cocinar, producción etc. (NATALIA GREENE, 2020).
- b) Las Micro hidroeléctricas, que no requieren de embalses, pero que permiten un abastecimiento diversificado de electricidad local(NATALIA GREENE, 2020).
- c) Los Biodigestores que es el aprovechamiento al máximo de residuos sólidos y la generación de energía con biomasa (para cocinar, calentamiento de agua o aprovechamiento de bioles), con el fin de reducir o reemplazar el gas licuado de petróleo GLP, y el carbón para la cocción de alimentos(NATALIA GREENE, 2020).
- d) La energía eólica no hay lugares de un buen potencial eólico por lo que no se utilizan sistemas de energía híbridos y mixtos.
- e) Gas asociado: es posible de abastecer de energía a las petroleras y comunidades aledañas con esquemas de generación propia, con el uso de gas asociado, de crudo y reduciendo el uso de diésel o crudo como también evitando los daños mecheros(NATALIA GREENE, 2020).

### 3.3 Análisis de viabilidad del proyecto en las zonas de estudio.

Las tres metodologías más comunes para el aprovechamiento de una modelación de un sistema energético son la optimización, herramientas o modelos de equilibrio y simulación(Lund et al., 2021). Sin embargo las herramientas de optimización incluyen sistemas endógenos y las herramientas de simulación lo hacen definiendo sistemas de energía exógenos, mientras que los modelos de equilibrio brindan herramientas de modelos econométricos de la sociedad(Lund et al., 2021).

La herramienta que nos ayuda para realizar una simulación amplia es EnergyPLAN, que es la que se utiliza para la evaluación de sistemas de energía con la implementación de sistemas de energía renovables(Lund, 2014). Es la herramienta considerada para identificar y verificar la factibilidad de la integración de las energías renovables en los sistemas de energía(Lund et al., 2021; Matteo Giacomo, 2020).

La características principal del software EnergyPLAN, es de asistir en el diseño de una planeación estratégica nacional con técnicas y análisis económicos de las consecuencias de diferentes elecciones e inversiones(Matteo Giacomo, 2020). El principal motivación de utilizar y desarrollar los sistemas de energía es que se lo puede realizar en escala nacional, pero también puede ser utilizada en otras escalas geográficas para un análisis de sistemas de energía(Lund, 2014; Matteo Giacomo, 2020). EnergyPLAN, puede ser capaz de analizar el tipo de tecnología a cambiar con los requerimientos de transición a un sistema 100% de energía renovable(Lund, 2014; Lund et al., 2021). La utilización de estas tecnologías como energía ondulatoria, calefacción urbana, enfriamiento, energía de los mares, energía solar térmica, almacenamiento térmico, biogás, biomasa y gasificación etc (Matteo Giacomo, 2020).

En la siguiente figura nos provee las entradas y las salidas del modelo con EnergyPLAN, y esto se refiere a:

- Demanda de energía (calor, electricidad, transporte).
- Unidades de producción de energía y recursos (aerogeneradores, centrales, calderas de combustible, almacenamiento), además de electrolizadores, biogás y plantas de gasificación como unidades de hidrogenación.
- Simulación (define la simulación y operación de cada planta y los límites de los sistemas tanto en transmisión y capacidad).

- Costos ( costos de combustibles, intercambio de electricidad y gas, costos operacionales fijos y variables, costos de inversión)(Lund, 2021)(Hernrik Lund, mayo 2021).

Los resultados obtenidos al final de los análisis con EnergyPLAN, son balances energéticos y resultados de producción anuales de energía, de consumo de combustible, importación-exportación de electricidad, y el total de costos incluyendo el intercambio de electricidad(Lund et al., 2021). Estos resultados pueden ser presentados mensualmente y anualmente de la demanda y producción con las diferentes categorías tecnológicas, así como las importaciones, exportaciones de gas y electricidad. También puede incluirse las emisiones de dióxido de carbono anualmente y los flujos de dinero desde un mercado externo eléctrico con los consumos de combustible(D.F.DOMINKOVIC, 2016). En la figura 35., se muestra el diagrama de una herramienta informática que es el sistema EnergyPLAN, en donde se tienen las INPUT (entradas) a la izquierda y OUTPUT (salidas) y en el centro las Conversiones de la energía, entregados por sistemas 100% renovables que, en sus transiciones y combinaciones entre sí, dan como resultado un sistema flexible que utiliza su capacidad para obtener un sistema 100% de energía renovable.

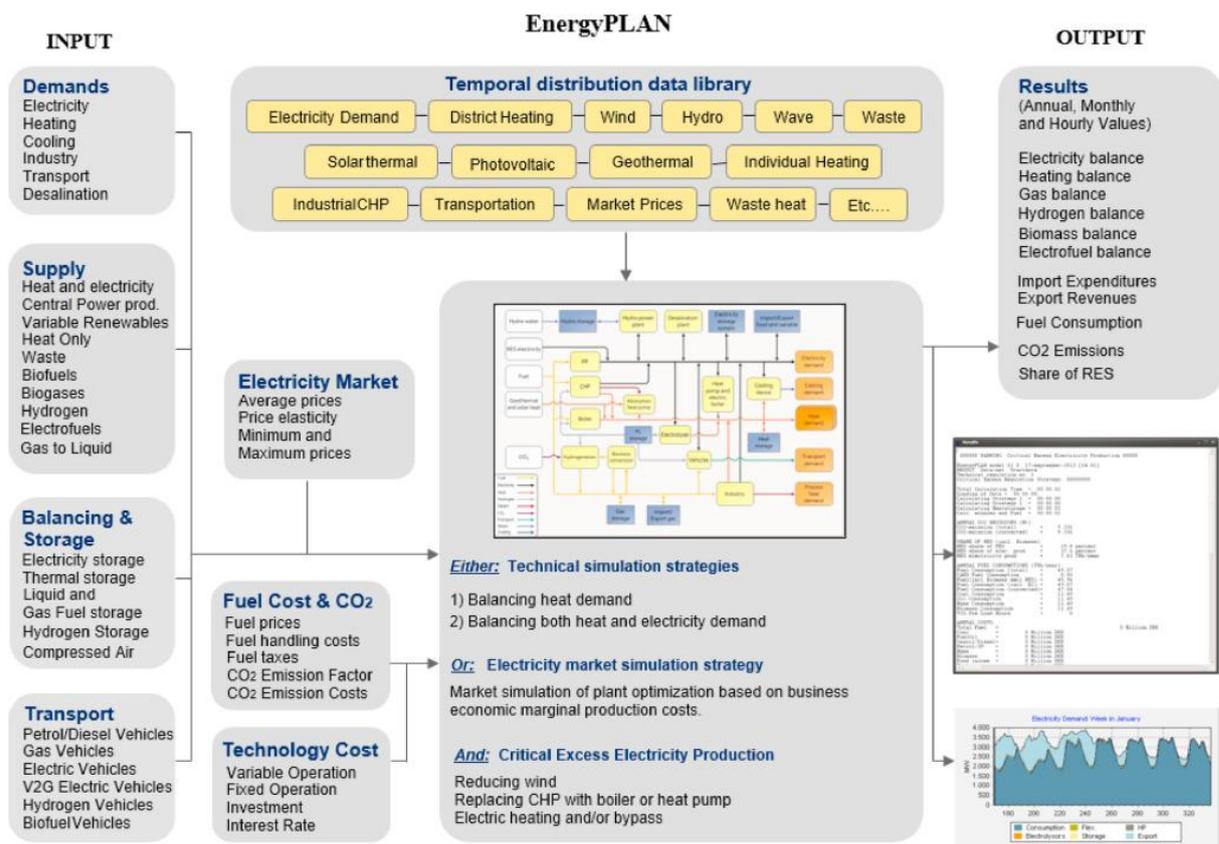


Figura 35. Estructura del EnergyPLAN

Fuente:(Lund et al., 2021)

- 1 Al disponer de varias herramientas informáticas que nos ayudan a modelar y hacer de un análisis de nuestro sistema energético, por lo general todas estas herramientas informáticas son diferentes entre sí ya que no tienen la misma función todas las herramientas, al momento de realizar nuestro análisis para hacer el diseño tenemos que elegir cual de todos esos nos permite modelar de la manera más adecuada. Para nuestro caso la herramienta que utilizaremos es el software EnergyPLAN. Esta herramienta informática es una de las más utilizadas para el modelado y análisis de sistemas energéticos de fuentes de energías renovables Figura 33.
- 2 Este análisis tiene la finalidad de fijar un rumbo de un sistema eléctrico que usa los combustibles fósiles para su generación por uno que sea 100% renovable, se puede señalar que la principal causa son los gases de efecto invernadero que implica la combustión de los derivados del petróleo, los mismos que al ser extraídos genera muchos riesgos y efectos a causa de los derramas de petróleo, el mismo que entra en contacto directo con la vida silvestres y para que estos desaparezcan debe pasar un tiempo prolongado en el ecosistema
- 3 El estado ecuatoriano con la finalidad de reducir la combustión de los combustibles fósiles lanzo un programa con el que busca hacer un cambio en la matriz energética con una serie de proyectos en todo el país aprovechando los recursos renovables en la obtención de energía eléctrica a gran escala con el apoyo del software EnergyPLAN de la Universidad de Aalborg nos facilita hacer proyecciones con el uso de las energías renovables para el año 2050(Lund et al., 2021).
- 4 Las energías renovables son una solución eficaz para el suministro de energía eléctrica en las comunidades rurales, aprovechando los recursos disponibles en la localidad, los más comunes son la energía fotovoltaica, eólica y minihidráulica con opciones viables, con la finalidad de cubrir la demanda energética buscando brindar un servicio con eficiencia energética y un servicio continuo al consumidor final.
- 5 El cambio de una sociedad que utilice las energías renovables de forma sostenible ha aumentado de manera significativa durante la última década, lo cual ha provocado muchos cambios en el sistema energético. Estimulado por los efectos negativos del consumo de combustibles fósiles los mismo que provocan la liberación de gases de efecto invernadero en la atmosfera, además contaminan la biosfera y los mismos gases se encargan en alterar el equilibrio de la biosfera. Al contrario de las fuentes tradicionales basada en la combustión de los combustibles fósiles, las energías renovables utilizan fuentes renovables que se restablecen naturalmente, como la luz

solar, el viento, los movimientos de las mareas y el calor geotérmico. En los últimos años se han creado cooperativas para promover el uso de las energías renovables lo que ha permitido que sea más rentable en muchos países.

- 6 La participación continua ha ido creando un vínculo entre el público y la gobernanza de la transición energética en este caso. Con lo cual ha generado una mayor aceptación de las turbinas eólicas si se gestiona con las iniciativas de participación ciudadana como las cooperativas. Se argumenta que podemos participar con total derecho sobre asuntos relacionados con la protección del medio ambiente, uno de los principales temas de discusión es la eliminación progresiva de los combustibles fósiles al mismo tiempo esto impulsa al desarrollo de las energías renovables para la generación eléctrica, esto es un derecho fundamental a la protección del medio ambiente.
- 7 Los consumidores finales tienen la iniciativa en el cambio de la matriz energética buscando beneficiarse de las nuevas tecnologías con la finalidad de reducir sus facturas, la participación ciudadana en la transición energética es muy importante por la inversión privada en la energía renovable.
- 8 Estas comunidades energéticas movilizadas aportan una parte significativa de las inversiones en energía renovables, promueven el desarrollo local y aumentan el apoyo público a las energías renovables.
- 9 De esta manera obtenemos un cambio muy favorable para la presentación de servicios que nos ayudan al ahorro energético al momento de crear nuevos proyectos de producción energética. Por lo cual las cooperativas se vuelven productores de electricidad y participan en la presentación de servicios. Al mismo tiempo que les permite actuar como empresa suministradora de electricidad y comprar electricidad en el mercado mayorista para poder suministrar a sus clientes con lo cual les brinda un servicio de calidad. Esta mentalidad nos va a ayudar mucho para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- 10 Las cooperativas energéticas colaboran de manera muy activa con múltiples niveles de gobernanza y de múltiples formas, para un intercambio de conocimientos a nivel local y regional, las cooperativas pueden ser la clave para la transición energética hacia las energías renovables y la reducción del uso de los combustibles fósiles.
- 11 Muchas de estas cooperativas de energía trabajan en conjunto entre cooperativas con el fin de generar una red de apoyo, con lo cual intercambian conocimientos y aprendizaje mutuo al proporcionar “experiencia distinta que no está disponible en otros lugares”. La electricidad actual no es la adecuada para estos cambios en el sistema energético. Las

reglas y regulaciones actuales no siempre parecen estar equipadas para el mercado de energía. Por los impuestos que pagan los consumidores de electricidad.

- 12 Las reglas del juego son de vital importancia en la producción de energía a partir de las energías renovables, lo cual crea oportunidades a las cooperativas de energía para la movilización de los ciudadanos hacia la transición energética. Estas cooperativas crean conciencia y crean apoyo para la transición energética que intenta orientarse hacia un sistema de energía más renovable lo cual nos dirigen directamente a los ciudadanos a nivel individual creando la oportunidad que los consumidores tengan su sistema de generación muy sostenibles y un servicio continuo.

### **3.4 Simulación de sistemas de generación 100% renovables.**

El software EnergyPLAN, diseñado para la realización de sistemas de generación 100% renovables considera tres sectores principales que son: sector eléctrico, calor y transporte. Para esto entonces tenemos que se necesita de ciertos parámetros técnico para el ingreso de datos en el software:

- a) Demanda o producción anual en TWh/año
- b) Capacidad de la unidad de generación instaladas en MW
- c) La distribución por hora de la producción total.

Primer paso: para poder analizar es considerar la proyección de las energías renovables en el período 2020 al 2050, con intervalos de 10 años de algunas de las energías que son renovables y no renovables.(Lund et al., 2021)

Segundo paso: se ingresan los valores en TWh/año de los investigados en el año base correspondiente con respecto a demanda de electricidad, demanda eléctrica adicional, y calefacción eléctrica figura 36.

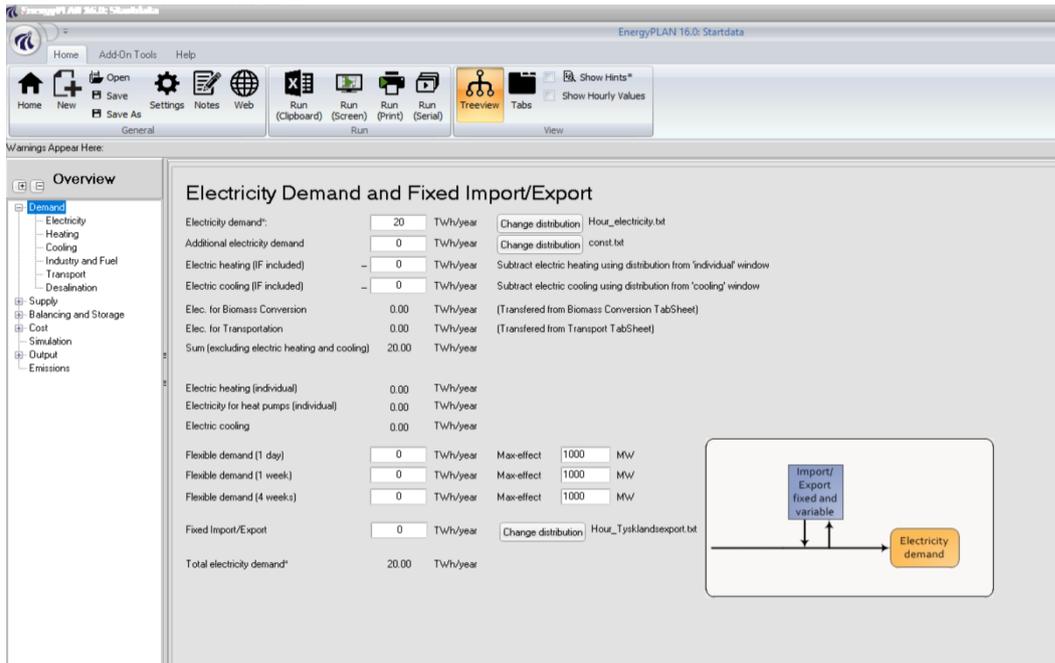


Figura 36. Demanda Eléctrica u importación/exportación.

Fuente realizado por el autor

Tercer paso: se ingresan los valores en la sección de industria y combustible tanto en carbón, aceite, gas natural y biomasa figura 37.

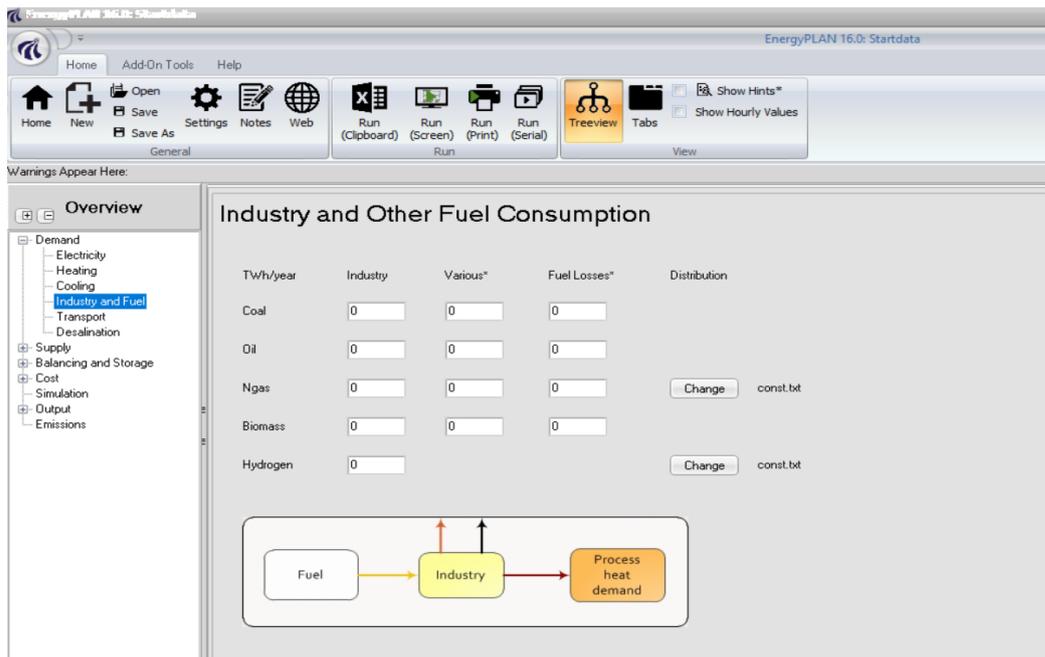


Figura 37. Consumos de industria y combustible

Fuente: realizada por el autor

Cuarto paso: una vez ingresado estos valores procedemos a ingresar los valores de electricidad renovable,

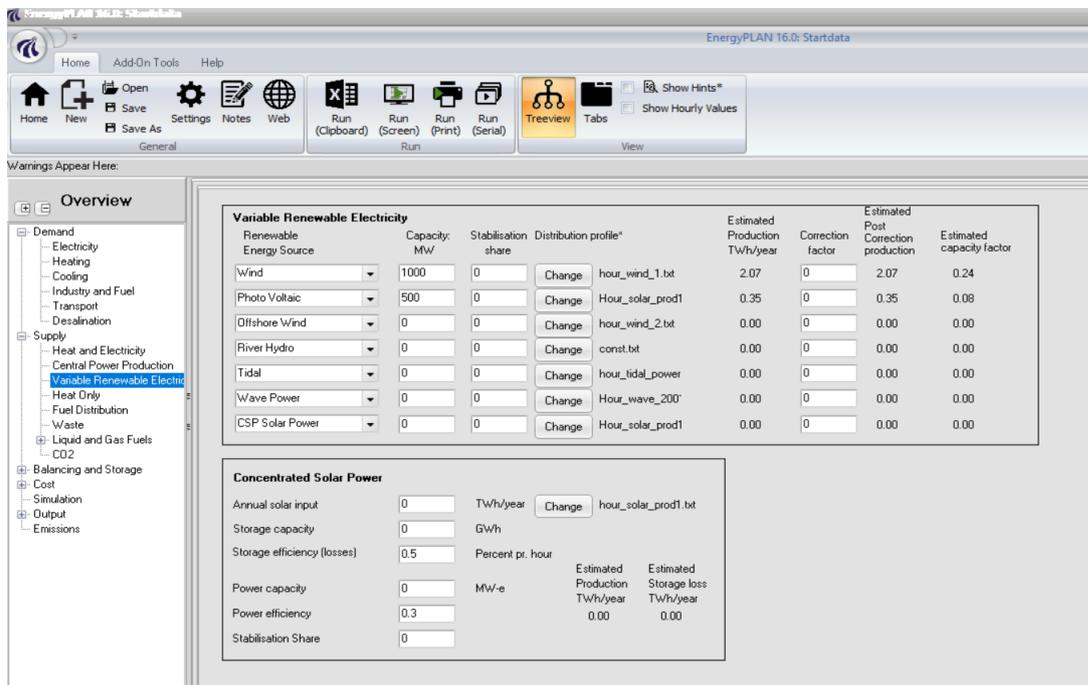


Figura 38. Variables de Electricidad Fuentes Renovables

Fuente: realizada por el autor

Quinto paso: en la sección de los costos ingresamos los años de vida útil de cada generador de energía y su porcentaje de devaluación.

The screenshot shows the EnergyPLAN 16.0 software interface. The main window displays a table with the following columns: Prod. type, Investment (Unit, MDKK pr. Unit), Period (Years), O. and M. (% of Inv.), Total Inv. Costs (MDKK), and Annual Costs (MDKK/year) (Investment, Fixed Opr. and M.). The table lists various production types such as Small CHP units, Large CHP units, Heat Storage CHP, Waste CHP, Absorp. HP (Waste), Heat Pump gr. 2, Heat Pump gr. 3, DHP Boiler group 1, Boilers gr. 2 and 3, Electr. Boiler Gr 2+3, Large Power Plants, Nuclear, Interconnection, Charge e1 storage, Discharge e1 storage, E11 storage cap, Charge e12 storage, and Discharge e12 storage. All values in the table are 0.

Prod. type	Investment		Period	O. and M.	Total Inv. Costs	Annual Costs (MDKK/year)	
	Unit	MDKK pr. Unit				MDKK	Investment
Small CHP units	1000 MW-e	0	0	0	0	0	0
Large CHP units	1500 MW-e	0	0	0	0	0	0
Heat Storage CHP	20 GWh	0	0	0	0	0	0
Waste CHP	0.00 TWh/year	0	0	0	0	0	0
Absorp. HP (Waste)	0 MW-th	0	0	0	0	0	0
Heat Pump gr. 2	0 MW-e	0	0	0	0	0	0
Heat Pump gr. 3	100 MW-e	0	0	0	0	0	0
DHP Boiler group 1	0 MW-th	0	0	0	0	0	0
Boilers gr. 2 and 3	10000 MW-th	0	0	0	0	0	0
Electr. Boiler Gr 2+3	200 MW-e	0	0	0	0	0	0
Large Power Plants	2500 MW-e	0	0	0	0	0	0
Nuclear	0 MW-e	0	0	0	0	0	0
Interconnection	1600 MW	0	0	0	0	0	0
Charge e1 storage	0 MW-e	0	0	0	0	0	0
Discharge e1 storage	0 MW-e	0	0	0	0	0	0
E11 storage cap	0 GWh	0	0	0	0	0	0
Charge e12 storage	0 MW-e	0	0	0	0	0	0
Discharge e12 storage	0 MW-e	0	0	0	0	0	0

Figura 39. Costos y costos de Operación- Mantenimiento

Fuente: realizada por el autor

Sexto paso: luego de haber completado los parámetros en todos los casilleros del software EnergyPLAN, se ejecuta y como resultado obtendremos los datos estadísticos de las energías renovables y no renovables en el año base 2020. También se puede obtener las gráficas de un día, mes, y un año de proyección de la demanda, además de balance de energía con respecto al tiempo.

Septimo paso: una vez más se calcula para los siguientes años desde 2030, 2040 y 2050 por lo que se obtienen una tabla de proyección de datos resumen.

Los datos para la simulación en el software de EnergyPLAN, son los siguientes para el año base que es del 2020, para ello se consideran los meses más relevantes de la Amazonía que son los meses de enero-julio, estos dos meses tienen la mayor y menor generación eléctrica en todo el año respectivamente, por lo cual son tomados como punto de análisis, siendo un clima tropical muy húmedo en la región.

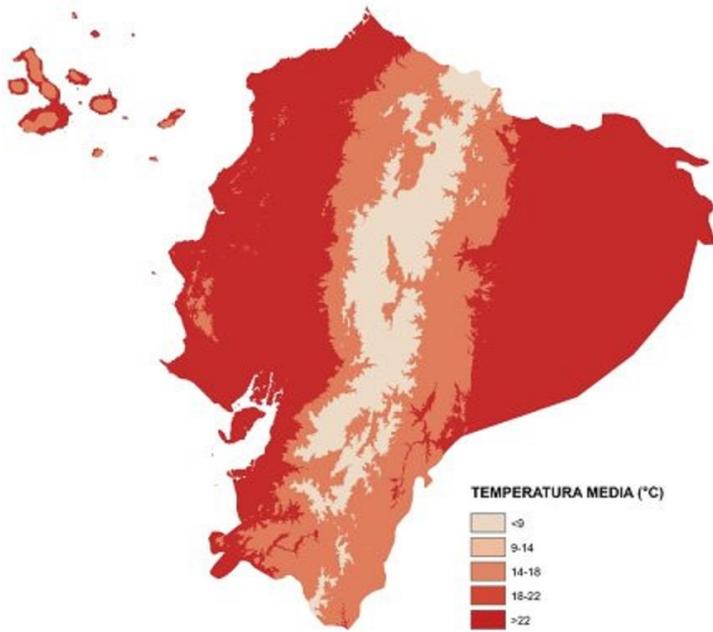


Figura 40. Mapa de Temperatura del Ecuador

Fuente: (CLIMA, 2022)

En el mapa de precipitaciones en el territorio de estudio en la parte amazónica se constata, que hay precipitaciones mayores a 2000mm, es decir, todo el tiempo pasa con llovizna, o llueve en grandes cantidades la mayoría del año.

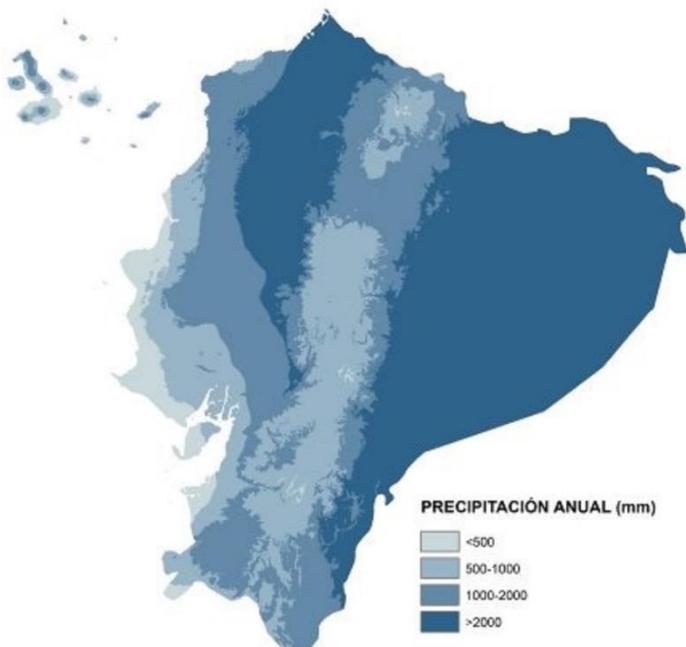


Figura 41. Mapa de precipitaciones

Fuente:(CLIMA, 2022)

Entonces para el año base que es el 2020, y considerando los datos ingresados se obtiene el resumen de las energías renovables en la región existente, ya que se tiene 3 componentes principales en lo referente a las centrales de generación eléctrica como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Centrales por Generación en la Amazonía.

CENTRALES	INFRAESTRUCTURA CENTRAL GENERACION								CENTRAL	POT NOM CENTRALES N RENOV A	POT NOMINAL CENTR / PROVINCIA
	CENTRAL PROVINCIA	RENOVABLE		NO RENOVABLE		% DE TOTAL DE CENTRALES	POT INSTALADA /PROV	TOTAL NACIONAL 8.79GW			
	#CENTR/ PROV	#	TIPO	#	TIPO	# 324	MW	%			
MORONA SANTIAGO	5	4	HIDRAULICA SOLAR	1	TERMICA	1.54%	142.88	1.63	MCI	4.5	142.88
NAPO	11	6	HIDRAULICA	5	TERMICA	3.40%	1640	18.7	MCI	77.63	1635.13
ORELLANA	90	-	-	90	TERMICA	27.78%	743.46	8.46	MCI TURBOGAS TURBOVAP	783.18	783.13
PASTAZA	4	1	SOLAR	3	TERMICA	1.23%	61.3	0.7	MCI	61.1	61.3
SUCUMBIOS	68	1	HIDRAULICA	67	TERMICA	20.99%	547.85	6.77	MCI TURBOGAS	483.55	547.86
ZAMORA CHINCHIPE	2	2	HIDRAULICA	-	-	0.62%	182.4	2.08	-	-	182.4

Fuente (ARCERNNR\_ESTADISTICA, 2020; BALANCE\_ENERGETICO, 2020)

Con el ingreso de la demanda, en el programa EnergyPLAN, con los datos de la producción en Generación por Central y el consumo energía en la región para realizar la simulación del primer año base 2020. En el anexo 1 se encuentra la estadística para región amazónica en infraestructura de Centrales de Generación, por provincia.

Tabla 18. Producción de Generación por Centrales en la Amazonía .

CENTRALES	PRODUCCION DE GENERACION POR CENTRAL								
	CANTIDAD CENTRALES		PRODUCCION TIPO MWh POR PROVINCIA		TOTAL / PROV	TOTAL NAC/ 2668GWh	TOTAL 2020	2020 MEJOR MES	CONSUMO DE ENERGIA
	# CENTRALES	total nac # 961	RENOV	NO RENOV	GWh	%	GWh/AÑO	MWh/MES	GWh
MORONA SANTIAGO	15	2.0%	93200	0	93	3%	1052.02	98900	72.57
NAPO	53	6.0%	627800	16900	645	24%	7269.56	677500	82.5
ORELLANA	322	34.0%	228500	0	228	9%	2417.19	228500	132.97
PASTAZA	19	2.0%	2.5	22300	22	1%	250.33	22800	59.1
SUCUMBIOS	206	21.0%	41200	91500	133	5%	1398.64	132700	594.67
ZAMORA CHINCHIPE	6	1.0%	89700	0	90	3%	871.74	871700	278.31

Fuente (ARCERNNR 2022, 2022; ARCERNNR\_ESTADISTICA, 2020)

En la recopilación de datos para lo referente consumo de combustible de las centrales de generación y consumo según la estadística se muestra en la Tabla 19. Para la región de la Amazonía. En el anexo 2, se describe la estadística de toda la producción Energética de la región Amazónica por provincias.

Tabla 19. Consumo de Combustible por Centrales de Generación en la Amazonía

COMBUSTIBLE CONSUMO POR CENTRALES AMAZONIA												
CENTRALES	TIPO CENTRAL	Combustible	CRUDO		DIESEL		FUEL OIL		GAS NATURAL		GLP	
			TEP	%	TEP	%	TEP	%	TEP	%	TEP	%
MORONA SANTIAGO	TERMICA	24,000.00	0	-	100	24,000.00	-	-	-	-	-	-
NAPO	TERMICA	43,200.00	72.64	31,380.48	27.36	11,819.52	-	-	-	-	-	-
ORELLANA	TERMICA	580,200.00	38.91	225,755.82	43.08	249,950.16	3.56	20,655.12	14.45	83,838.90	0.00	-
PASTAZA	TERMICA	54,100.00	88.18	47,705.38	11.82	6,394.62	0.00	-	0.00	-	0.00	-
SUCUMBIOS	TERMICA	289,900.00	31.60	91,608.40	34.01	98,594.99	0.00	-	29.30	84,940.70	5.08	14,726.92
ZAMORA CHINCHIPE	HIDRAULICA	0	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-

fuelle(AERCERNR 2022, 2022; ATLAS\_ELECTRICO, 2020)

## 1.7 Resultados obtenidos.

El resultado de la simulación para la planificación en programa EnergyPLAN, se obtiene el siguiente resumen Figura 40.

En la cual podemos encontrar la capacidad que tenemos instalado en MW y en TWh/año en cada una de las centrales de generación.

En otra sección tenemos las centrales térmicas que son a combustible MCI, turbo gas y turbo vapor.

Tenemos en la demanda de cada mes en MW con lo cual podemos decir que el mes que tiene el consumo mas alto es en el mes de enero con 161 MW y el mes de menor consumo es en julio con 118 MW, mientras que, el consumo anual tenemos en TWh/año en nuestro caso es de 1.26 TWh/año.

También tenemos la producción del RES (fuente de energía renovable) en cada mes en MW en los meses que tenemos la mayor producción y la menor producción por lo tanto en el mes enero con 1429 MW mientras que en julio tenemos 1037 MW respectivamente

El balance de energía, si dentro de nuestro sistema tenemos un desbalance significa que algo está mal para lo cual se analiza si tenemos perdidas en las líneas o posiblemente hay demasiada producción por lo tanto hay un desbalance en nuestro sistema. En el caso de no existir significa que se mantiene consumiendo en forma equilibrada.

En el caso del balance del FUEL (TWh/año), en este caso los PV y WIND off, se supone que no se utiliza para estos pero si nos fijamos en la Hydro tenemos el 11.11 TWh/año en renovable, por lo que hay algo que utiliza de combustibles para su mantenimiento y operación de la Hydro.

También tenemos los datos sobre el transporte y la industria por lo que tenemos valores en oil, N gas y biomasa.

Entonces si aumentamos la generación de las energías renovables las emisiones de CO2 disminuyen y por lo tanto los valores de consumo de combustibles fósiles bajarían.

Input										PROYECTO_AMAZONIA.txt										The EnergyPLAN model 16.1														
Electricity demand (TWh/year):					Flexible demand: 0.00					Capacities					Efficiencies					Regulation Strategy (Technical regulation no. 1)					Fuel Price level:									
Fixed demand: 1.28					Fixed imp/exp: 0.25					Group 2: MW-e MJ/s elec. Ther. COP					CEEP regulation: 000000000					Minimum Stabilisation share: 0.00					Stabilisation share of CHP: 0.00									
Electric heating + HP: 0.00					Transportation: 0.00					Heat Pump: 0 0 0.40 0.50 3.00					Boiler: 0 0 0.90					Minimum CHP gr 3 load: 0 MW					Minimum PP: 0 MW									
Electric cooling: 0.00					Total: 1.51					Group 3: CHP: 0 0 0.40 0.50 3.00					Heat Pump: 0 0 0.90					Heat Pump maximum share: 1.00					Maximum import/export: 0 MW									
District heating (TWh/year)					Gr.1 Gr.2 Gr.3 Sum					Heats storage: gr.2: 0 GWh gr.30 GWh					Distr. Name: Hour_nordpool.txt					Addition factor: 0.00 USD/MWh					Multiplication factor: 2.00									
District heating demand: 0.00 0.00 0.00 0.00					Solar Thermal: 0.00 0.00 0.00 0.00					Fixed Boiler: gr.2:0.0 Per cent gr.30 Per cent					Dependency factor: 0.00 USD/MWh pr. MW					Average Market Price: 227 USD/MWh					Dependancy factor: 0.00 USD/MWh pr. MW									
Industrial CHP (CSHP): 0.00 0.00 0.00 0.00					Demand after solar and CSHP: 0.00 0.00 0.00 0.00					Electricity prod. from CSHP Waste (TWh/year)					Gr.1: 0.00 0.00					Gr.2: 0.00 0.00					Gr.3: 0.00 0.00									
Wind: 0 MW 0.00 TWh/year 0.00 Grid					Photo Voltaic: 1 MW 0 TWh/year 0.00 station					River Hydro: 1950 MW 11.11 TWh/year 0.00 share					Hydro Power: 0 MW 0 TWh/year					Geothermal/Nuclear: 0 MW 0 TWh/year					CAES fuel ratio: 0.000					Rookbed Storage: 0 0 1.00				
Output										WARNING!!: (1) Critical Excess;																								
District Heating										Electricity										Exchange														
Demand					Production					Consumption					Production					Balance		Payment												
Distr. heating MW					Solar CSHP DHP CHP HP ELT Boiler EH					Elec. Flex.& Transp HP Elec- trolyser EH Pump turbine RES dro thermal CSHP CHP PP					Stab- Load Imp Exp CEEP EEP					Imp Exp														
January					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					161 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1429 0 0 0 0 0 0 100 0 1236 1236 0 0 264					February					0 0 191														
February					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					159 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1414 0 0 0 0 0 0 100 0 1222 1222 0 0 191					March					0 0 169														
March					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					154 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1381 0 0 0 0 0 0 100 0 1178 1178 0 0 169					April					0 0 190														
April					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					136 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1199 0 0 0 0 0 0 100 0 1036 1036 0 0 190					May					0 0 202														
May					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					133 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1170 0 0 0 0 0 0 100 0 1011 1011 0 0 166					June					0 0 166														
June					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					129 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1137 0 0 0 0 0 0 100 0 982 982 0 0 111					July					0 0 111														
July					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					118 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1037 0 0 0 0 0 0 100 0 895 895 0 0 168					August					0 0 168														
August					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					118 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1037 0 0 0 0 0 0 100 0 895 895 0 0 111					September					0 0 187														
September					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					139 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1224 0 0 0 0 0 0 100 0 1058 1058 0 0 187					October					0 0 199														
October					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					144 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1270 0 0 0 0 0 0 100 0 1097 1097 0 0 199					November					0 0 197														
November					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					155 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1372 0 0 0 0 0 0 100 0 1188 1188 0 0 197					December					0 0 220														
December					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					155 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1373 0 0 0 0 0 0 100 0 1187 1187 0 0 220					Average					0 0 1093 1093 0 0 2294														
Average					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					143 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1264 0 0 0 0 0 0 100 0 1093 1093 0 0 2294					Maximum					0 0 1887 1887 0 0 239														
Maximum					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					219 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1950 0 0 0 0 0 0 100 0 1687 1687 0 0 239					Minimum					0 0 633 633 0 0 0 0 0 0 100 0 546 546 0 0 239														
Minimum					0 0 417 0 0 0 0 0 0 0					73 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 633 0 0 0 0 0 0 100 0 546 546 0 0 239					TWh/year					0.00 0.00 3.96 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.28 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 9.60 9.60 0.00 0 2294														
FUEL BALANCE (TWh/year):										Waste/ CAES BioCon-Electro-										PV and Wind off		Industry		Imp/Exp Corrected		CO2 emission (Mt):								
DHP CHP2 CHP3 Boiler2 Boiler3 PP Geo/NuHydro										HTL Elec.ly. version Fuel Wind CSP Wave Hydro Solar.TT Transp.househ.Various Total										Imp/Exp Net		Total Net												
Coal										-										0.00		0.00 0.00		0.00 0.00										
Oil										-										0.00		4.77 4.77		1.27 1.27										
N.Gas										-										7.73		1.96 9.69		2.06 3.64										
Biomass										-										4.00		0.00 4.00		0.00 0.00										
Renewable										-										0.00		11.11		0.00 11.11		0.00 0.00								
H2 etc.										-										0.00		0.00 0.00		0.00 0.00										
Biofuel										-										0.00		0.00 0.00		0.00 0.00										
Nuclear/CCS										-										0.00		0.00 0.00		0.00 0.00										
Total										-										0.00		11.11		7.73		10.73 29.57		-21.33 8.24		3.33 4.91				

06-septiembre-2022 [12:41]

Figura 42. Simulación en EnergyPLAN año base 2020

Fuente .(Henrik Lund, mayo 2021)

Los gráficos correspondientes al año base que se obtiene en la simulación para los meses considerados más importantes en la región, en lo referente a la demanda, la producción de las centras renovables y el balance obtenido.

En la figura 43, la demanda de electricidad: en una semana del mes de marzo. En esta figura podemos apreciar que la demanda tiene ciertos picos que están por los 1500MW de consumo en horas del día mientras que en las noches baja a los 1000 MW donde se estabiliza, al no consumir toda la demanda producida nos queda un restante la misma que podemos exportar al SIN.

La producción de electricidad: en una semana del mes de marzo. En el RES12 tenemos las fuentes de generación como la eólica y fotovoltaica donde ponemos apreciar que no tiene una gran participación salvo el caso de ciertos picos de generación que alcanzan los 250MW en ciertas horas del día, mientras que, en el RES34 tenemos los vientos de la costa y la hidráulica, llegando a tener picos de generación que alcanzan los 2000 MW en ciertas

horas del día, nuestra generación se estabiliza en los 1000 MW. Como podemos apreciar en la producción de electricidad ya no tenemos las energías no renovables.

El balance de la electricidad: en una semana del mes de marzo. Para el balance de nuestro sistema el exceso de producción tenemos que exportar al SIN, podemos apreciar que nuestro sistema tiene una estabilidad en los 100 MW y también tiene picos que alcanzan los 500MW. Por tal motivo no tenemos la necesidad de importar energía a nuestro sistema.

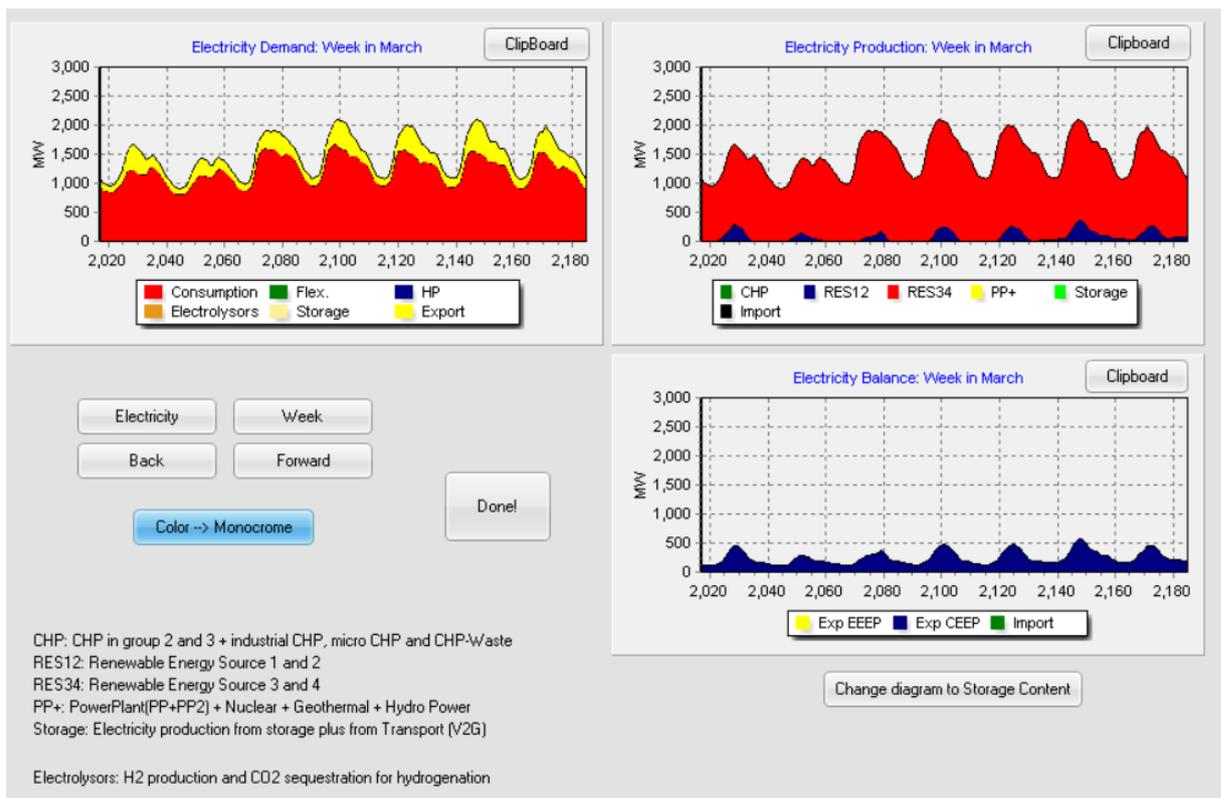


Figura 43. Simulación EnergyPLAN mes Marzo región Amazonía.

Fuente autor

Además, se observa que las fuentes por Energía Renovables (RES), en este mes crece por la abundante generación eléctrica con fuentes renovables en la región.

En la figura 44, la demanda de electricidad: en una semana del mes de noviembre. En esta figura podemos apreciar que la demanda tiene ciertos picos que sobrepasa los 1500MW de consumo en horas del día mientras que en las noches baja a los 1000 MW donde se estabiliza, al no consumir toda la demanda producida nos queda un restante la misma que podemos exportar al SIN.

La producción de electricidad: en una semana del mes de noviembre. En el RES12 tenemos las fuentes de generación como la eólica y fotovoltaica donde podemos apreciar que no tiene una gran participación salvo el caso de ciertos picos de generación que alcanzan los 250MW en ciertos días tiene una estabilidad en los 100 MW, mientras que, en el RES34 tenemos los vientos de la costa y la hidráulica, llegando a tener picos de generación que apenas alcanzan los 2000 MW en ciertas horas del día, nuestra generación se estabiliza en los 1000 MW. Como podemos apreciar en la producción de electricidad ya no tenemos las energías no renovables.

El balance de la electricidad: en una semana del mes de marzo. Para el balance de nuestro sistema el exceso de producción tenemos que exportar al SIN, podemos apreciar que nuestro sistema tiene una estabilidad en los 250 MW y también tiene picos que alcanzan los 500MW. Por tal motivo no tenemos la necesidad de importar energía a nuestro sistema.

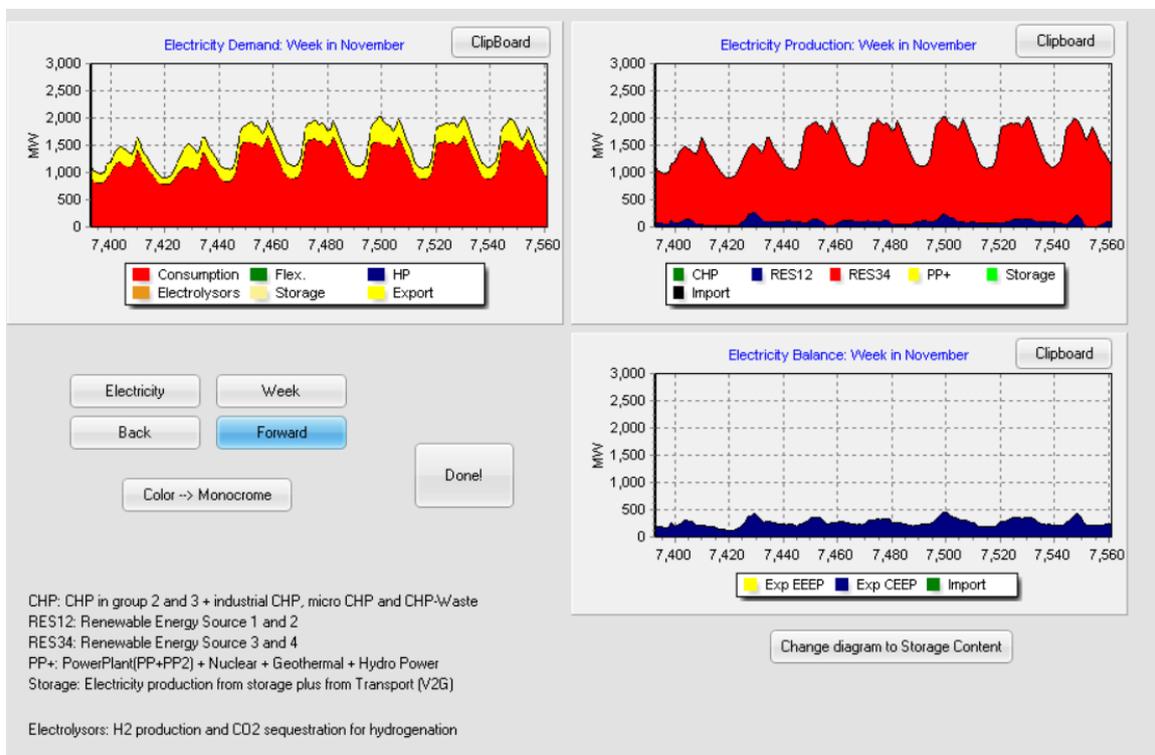


Figura 44. Simulación mes de noviembre región Amazónica.

Fuente autor

En la figura 45. El mes de febrero tenemos un caso similar al del mes de enero en la región amazónica, no se obtiene mucha generación eléctrica con fuentes renovables por las condiciones climáticas en este caso la RES12 tiene muy poca participación dentro de la producción de electricidad, por lo tanto, la RES34 sigue dominando en la producción eléctrica.

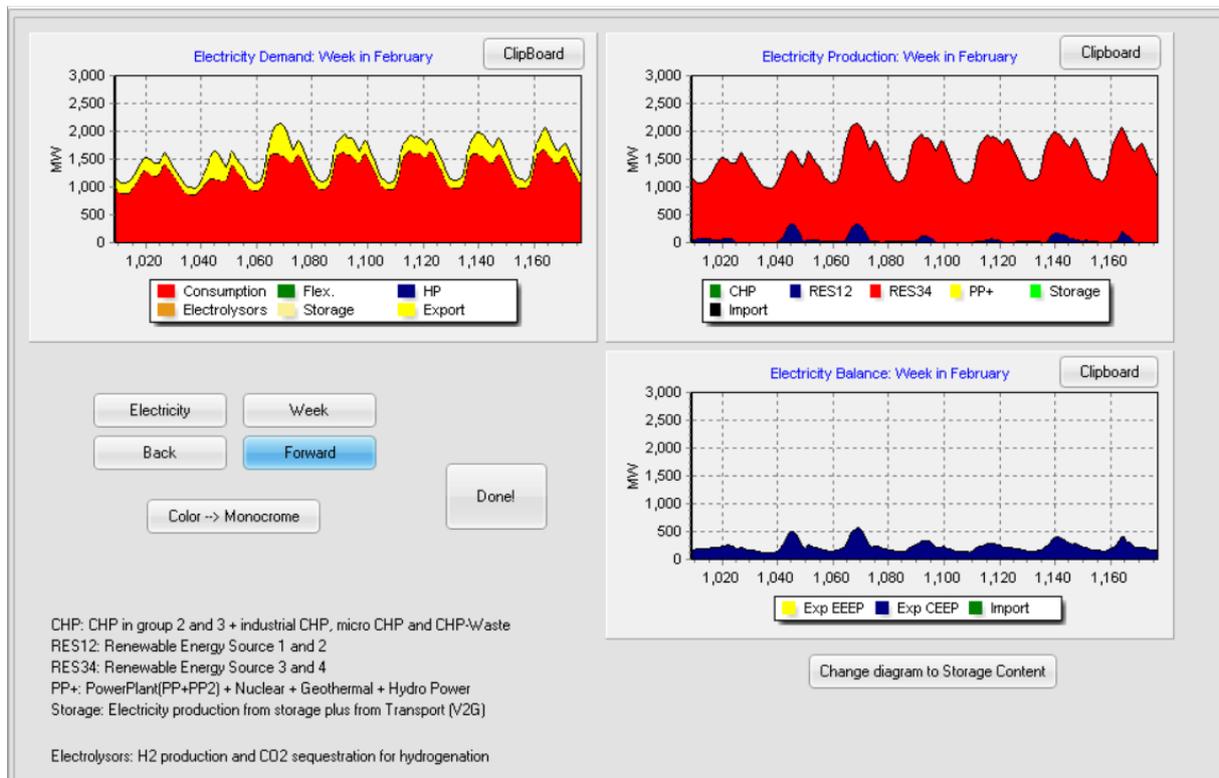


Figura 45. Simulación mes de febrero región Amazónica.

Fuente autor

## 1.8 Interpretación de los resultados.

El programa EnergyPLAN es un software de simulación que estudia el período del año base 2020-2050, y considerando los propios aspectos energéticos, demandas y consumos, de la región amazónica, obtenemos el pronóstico energético estos resultados serán el escenario 1 en el año base 2020. En referencia a los valores de la Tabla 20, que representan la data se ingresaron en EnergyPLAN.

Tabla 20. Valores de referencia en el modelo EnergyPLAN

FUENTE	Hydro	solar	Oil (Thermal)
Time of life (year)	40	25	30
Merit order submission	1	1	2
Credit Capacity %	100	50	100
Maximum availability %	51	16	22
Fuel cost (\$/TOE)	-	-	405.9
Capital cost (Thousands of USD/MW of production capacity)			
2020	1620	2600	880
2050	1440	1780	918
Cost of O&M(Thousands of USD/MW of production capacity)			
2020	10	23.4	6.9
2050	12.5	16.5	5.4

Fuente (DANIEL ICAZA, 2020)

En La Tabla 21 se presentan los resultados de la simulación y se observa que la hidroeléctricas están creciendo en su potencia, y las centrales fotovoltaicas existentes crecerán hasta el 2050, además las centrales térmicas reducen en su totalidad hasta llegar a cero.

Tabla 21. Resultados de simulación

Escenario	CENTRALES INSTALADAS					
	Demand Electrica	Anual Demand	Hydro Power	PV SOLAR	Wind	Non-Renewable Power
	MW	TWh/year	MW	MW	MW	MW
2020	219	1.235	1950	1	0	1410
2030	438	2.740	1958	200.00	119	940
2040	876	4.940	1989	300.00	146	470
2050	1752	9.9	2021	501.00	178	0

Fuente autor

Además, con los resultados de las Fuentes de energías renovables RES, tenemos los valores de los costos anuales y del combustible que se utilizarían en caso de las centrales térmicas. En caso de las fotovoltaicas deben crecer aún en valores que sean relevantes para ingresar al mix energético en la región, se debería dar más impulso a las mismas.

Tabla 22. Resultados de Energías Renovables región Amazónica

Escenario	RESULTADOS RES				PRODUCCION RES		
	Costos anual	Fuel	CO2	RES elect prod	HYDRO	PV	Wind
	M USD	TWh/YEAR	Mt	TWh/year	TWh/year	TWh/year	TWh/year
<b>2020</b>	488	29.57	4.909	11.11	11.11	0	0
<b>2030</b>	499	30.01	4.909	11.54	11.15	0.15	0.25
<b>2040</b>	492	30.31	4.909	11.85	11.33	0.22	0.3
<b>2050</b>	509	30.71	4.909	12.25	11.51	0.37	0.37

Fuente autor

En cuanto a la Potencia instalada eléctrica es evidente el crecimiento en las centrales de energías renovables y se puede evidenciar un crecimiento desde nuestro año base sobre los 1533 MW hasta el año 2050. Este crecimiento, desde el año base hasta el 2050, es por que se encuentran las grandes centrales en la región amazónica, e inclusive dando cobertura nacional.

Se puede apreciar que la capacidad instalada de le generación hidroeléctrica tiene un crecimiento del 1.08% desde el año base hasta el 2050, la misma tiene un pequeño crecimiento por lo que buscamos impulsar fuentes de energías renovables y tener un sistema diversificado que no dependa de una sola fuente de energía renovable.

La capacidad instalada en generación fotovoltaica es de 501 MW desde el año base hasta el 2050, que es un crecimiento muy significativo en las energías renovables, un caso similar es la energía eólica que tiene 178 MW instalados hasta el año 2050, en estas dos fuentes de energías tenemos un alto crecimiento por lo que en el año base no tenemos centrales de generación fotovoltaica y eólica, con lo que se busca es cubrir la capacidad instalada de las fuentes no renovables que para el año 2050 decrecerá a cero.

En el caso de las energías no renovables su capacidad instalada podemos apreciar que se reduce según al paso del tiempo hasta llegar al 2050 donde su capacidad instalada es 0 MW, con lo cual obtendremos una capacidad instalada 100% energías renovables.

Además, que en las pequeñas aportaciones u otros tiene un crecimiento del 50 MW desde el año base hasta el 2050, estas pequeñas aportaciones pueden ser por generación

por fuentes de biomasa. En la figura 44 se muestra el grafico del análisis de la región. En el Anexo 4 se presentan la simulación desde 2020-2050.

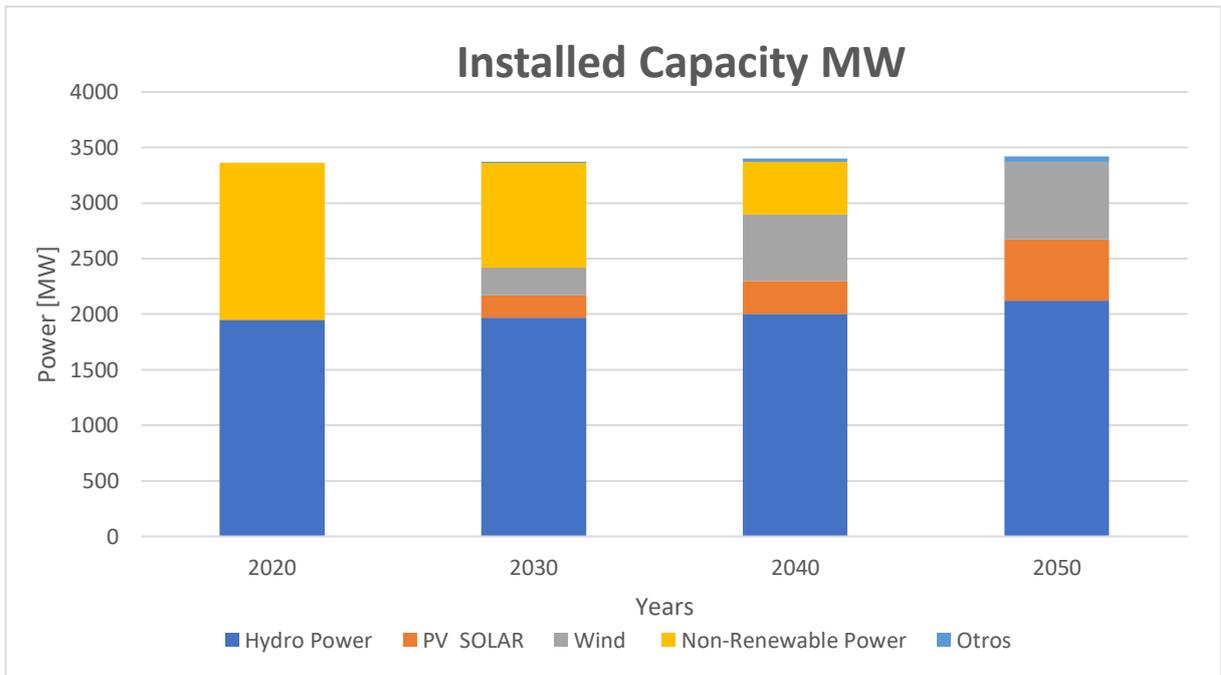


Figura 46. Resultados de Capacidad Instalada.

Fuente autor

La capacidad instalada no tiene un crecimiento muy significativo esto se debe a que en nuestro año base tenemos exceso de producción por lo cual se conectaba al SIN abasteciendo a las demás regiones del Ecuador. Por tal motivo se deja de exportar a las demás regiones y cubrimos una parte de la demanda de la Amazonia Ecuatoriana. Por tal motivo nos vimos en la necesidad aumentar nuestra generación con la finalidad de cubrir la demanda energética en su totalidad.

En la producción de generación eléctrica para la región desde el año base se tiene 11.11 TWh/año, hasta 12.25 TWh/año. Las centrales pasan todo el año con gran capacidad de generación eléctrica obteniendo un índice grande de seguridad energética.

En nuestro año base tenemos una generación del 58.02% de generación hidráulica, seguida por la generación de energías no renovables con un 41.95% y con el 0.03% de generación fotovoltaica.

Como proyección y propósito en nuestro año base es reducir el 41.95% que es generado por energías no renovables, para cubrir esta generación que impulsa las energías renovables tales como la fotovoltaica y la eólica.

En el año 2050 nuestra generación eléctrica es 100% renovable de los cuales la generación hidráulica ocupa el 62% que es generado, mientras que la generación fotovoltaica aparece con un 16%, la eólica aparece con un 20% y otros aparece con el 2%. Estas 3 fuentes de generación renovables tienen una gran aportación a comparación con el año base en el cual estas fuentes están por el 0% de generación eléctrica. Este análisis se muestra en la figura 45.

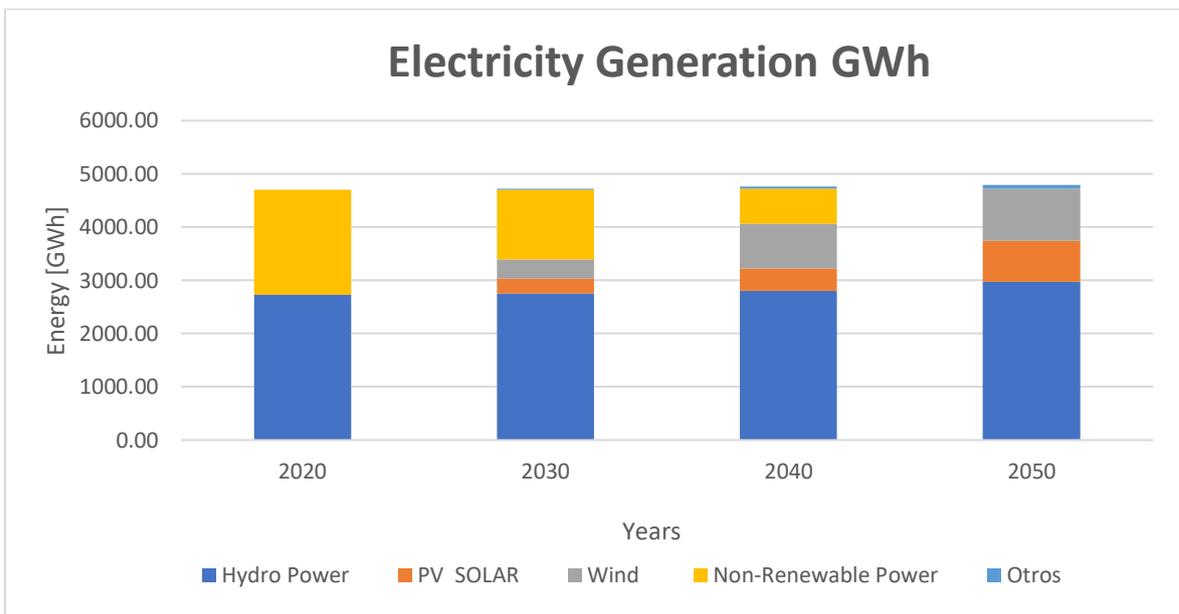


Figura 47. Producción Eléctrica en la región Amazónica

Fuente autor

En un resumen del mix en la región Amazónica, se obtiene en la siguiente Figura 48-49, donde se puede evidenciar el crecimiento hasta el año 2050 y obtener un 100% de ingreso de energías renovables.

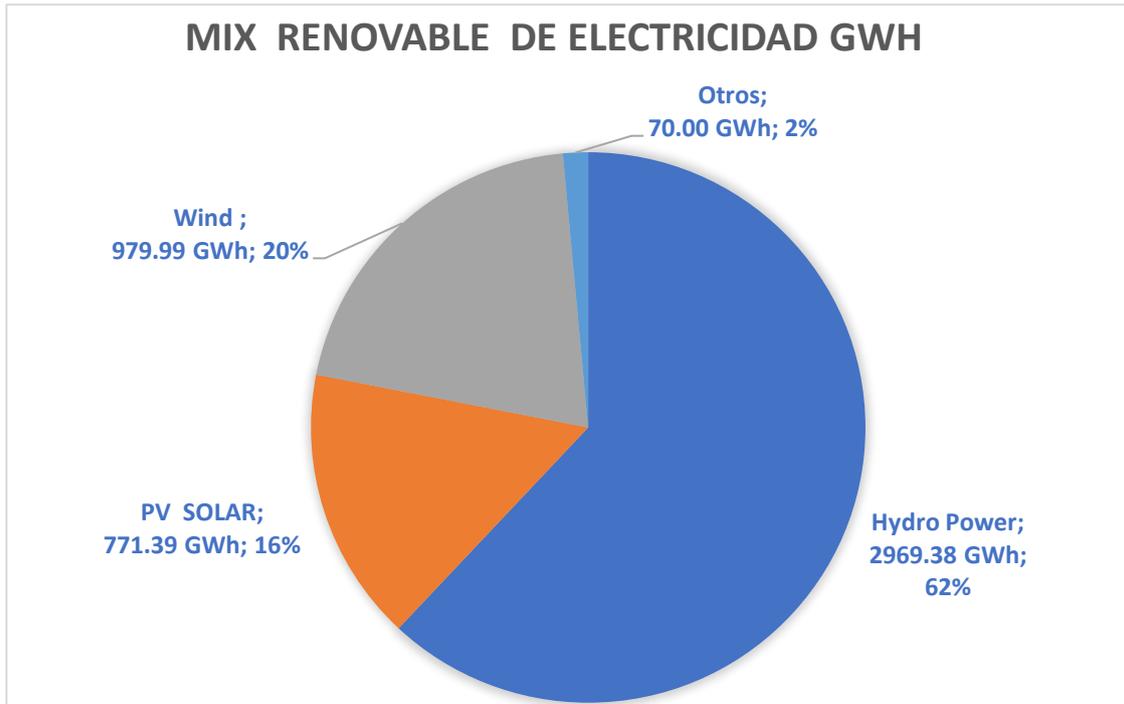


Figura 48. Mix de Generacion Electrica en GWh en la región Amazónica.

Fuente autor.

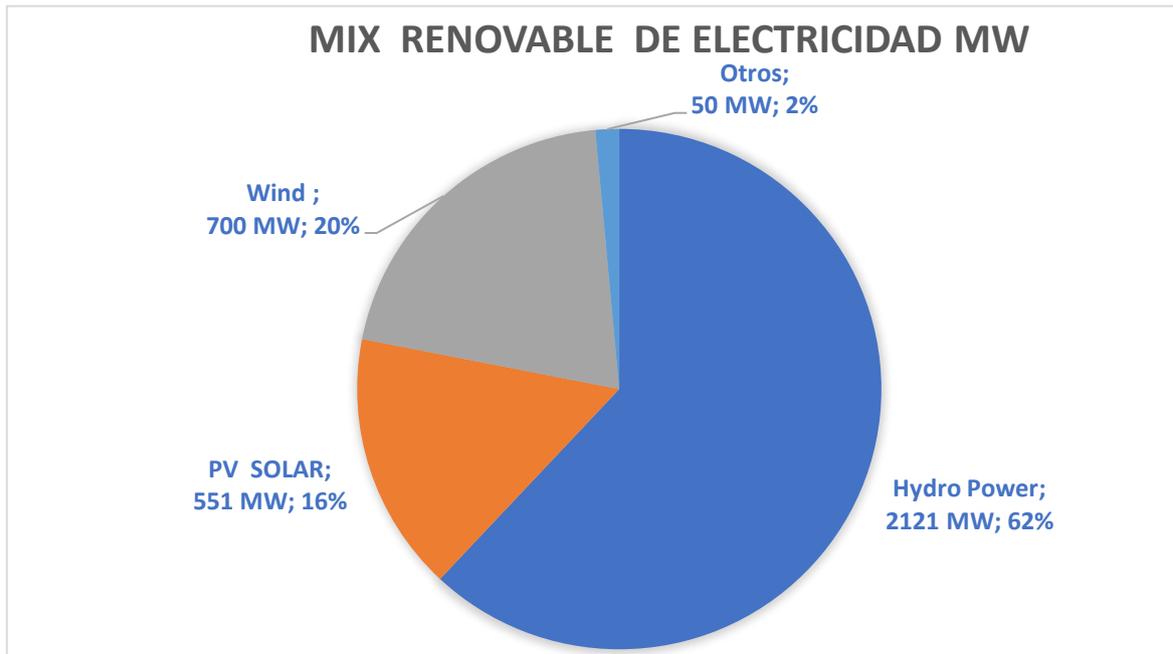


Figura 49. Mix de Capacidad Instalada en MW en la región Amazónica.

Fuente autor

## CONCLUSIONES

Al final de este trabajo investigativo en el cual tomamos como año base el 2020 marcando como propósito llegar hasta el 2050 con un sistema energético 100% renovable, si es factible porque se encuentran las grandes centrales hidroeléctricas en la Amazonia, e inclusive teniendo cobertura a nivel nacional.

En cuanto a la infraestructura el Gobierno Nacional tiene dentro del plan energético 2020 – 2035 el Proyecto Sistema de Transmisión Nororiental Interconexión Petrolero, con lo cual las centrales térmicas dejaran de dar servicio eléctrico para la producción industrial (Petroteras) con lo cual ayudara a obtener un sistema 100% renovable con el ingreso de las fuentes energías renovables a las petroleras.

Si bien los datos recopilados y con la programación de proyectos del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables tenemos solo cuatro fuentes de energías renovables que se pueden explotar en la Amazonia Ecuatoria que sería la fotovoltaica, eólica y biomasa, y otra energía renovable y de mayor importancia por sus grandes centrales de generación es las hidroeléctricas.

Si bien en nuestro año base tenemos una demanda de 1.235 TWh/año la cual crece hasta nuestro horizonte al año 2050 con una demanda de 9.88 TWh/año, con la cual cubrimos toda nuestra demanda. Nuestra generación tiene un alto índice de crecimiento por lo que en el 2050 no tenemos consumo de combustibles fósiles para la generación eléctrica, transporte y consumo residencial.

En el ámbito de la generación eléctrica en nuestro año base tenemos el uso de los recursos no renovables con una capacidad instalada de 1410 MW, se debe reducir al paso de los años para que en el año 2050 se consiga una capacidad igual a cero, por lo cual las energías renovables tienen que cubrir esta capacidad instalada.

En el ámbito del transporte desde el año 2030 al 2050 tiene un gran crecimiento en la demanda por que, en estos 20 años, tenemos un gran cambio del uso de los vehículos a combustión por el uso de vehículos eléctricos. Un caso similar tenemos en el consumo residencial hasta el año 2050 el consumo de GLP no es sustituido en su totalidad por las cocinas en inducción por lo que tenemos puntos donde no tenemos un sistema de generación eléctrica.

La herramienta EnergyPLAN nos permite realizar un análisis comparativo y consistente de los sistemas de generación con recursos renovables, recursos no renovables y energía

nuclear. Esto nos permite considerar todos los sectores del sistema energético en los cuales tenemos los siguientes: electricidad, calor, industria y transporte. Lo cual nos ayuda a tener una simulación de un sistema de generación eléctrica 100% renovable.

En lo personal, el desarrollo de este proyecto me ayudo a profundizar mis conocimientos sobre las energías renovables y crear proyectos a largo plazo marcando un propósito de la utilización de las fuentes de energía renovables y así dejar de utilizar los combustibles fósiles como fuente de generación para la producción de energía eléctrica dentro de la Amazonia Ecuatoriana.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda impulsar al desarrollo de otras fuentes de generación renovables y no solo a la hidráulica que en la actualidad tiene un índice de generación eléctrica del 62% mientras que la solar tiene solo el 16%, la eólica un 20% y otros solo el 2 % de generación eléctrica.

Se recomienda impulsar la sustitución del consumo de GLP con las cocinas de inducción en los puntos más remotos, donde no contemos con un sistema eléctrico actualmente pero que a futuro nos permita implementar nuevos sistemas de generación.

Se recomienda incentivar a la población que instale sus propios sistemas de generación eléctrica con paneles solares con lo cual deja de consumir el GLP y los recursos no renovables.

Se recomienda impulsar a las pequeñas centrales de generación eléctrica privadas o para un grupo de personas, con lo cual nos ayuda a la reducción de combustibles fósiles en los puntos más remotos de la amazonia o donde no tengamos tendido eléctrico.

Se recomienda estudiar más a profundidad el programa EnergyPLAN, es una aplicación muy extensa donde no solo se puede hacer proyecciones de generación, sino que también nos ayuda a hacer un análisis económico de los gastos de inversión y de los gastos de mantenimiento, esto nos ayuda a tener una perspectiva no solo en la generación, sino que también en la parte económica.

Se recomienda que se realice investigaciones en las demás regiones del Ecuador tanto en Galápagos, Costa y Sierra. Con los resultados obtenidos se debería realizar un análisis general para la utilización de una matriz energética 100% renovable para el año 2050 en el Ecuador.

## REFERENCIAS

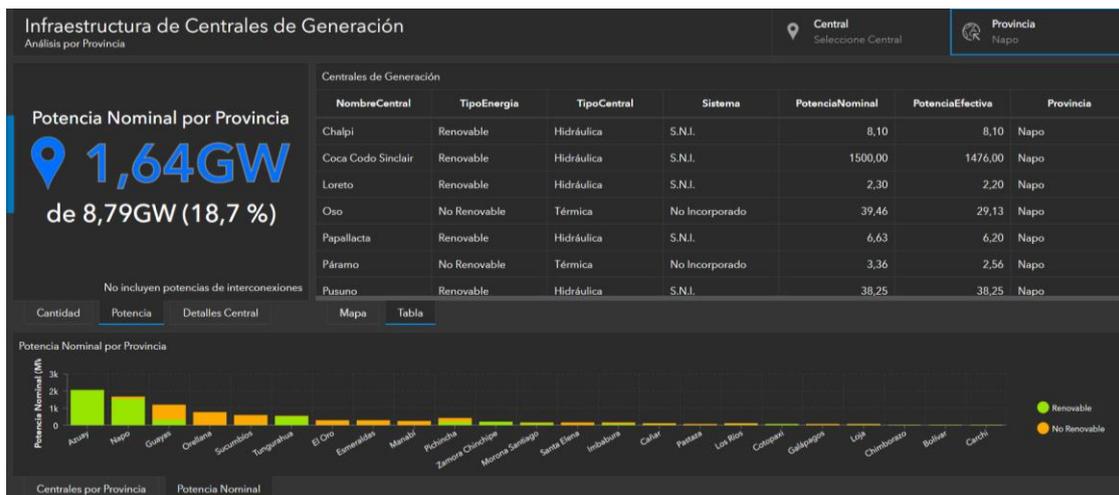
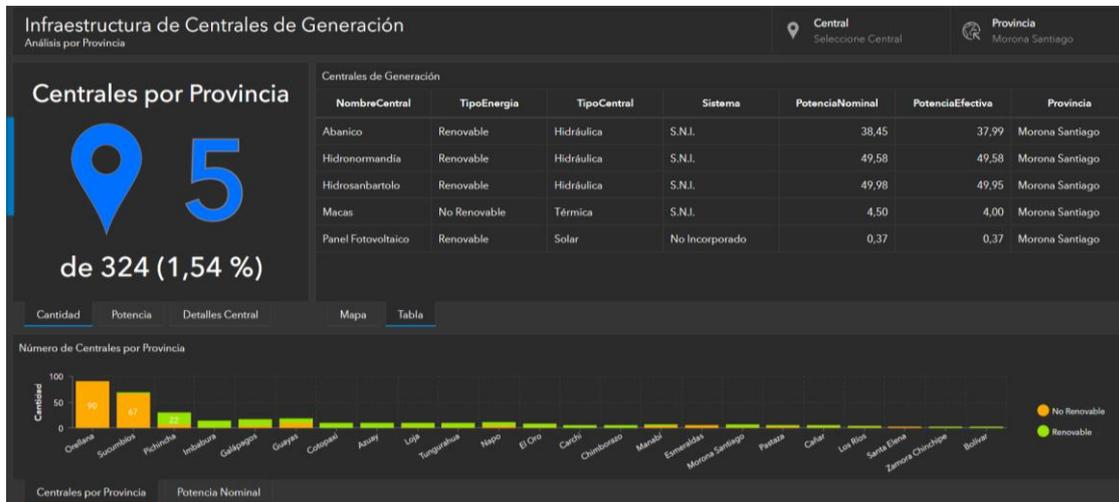
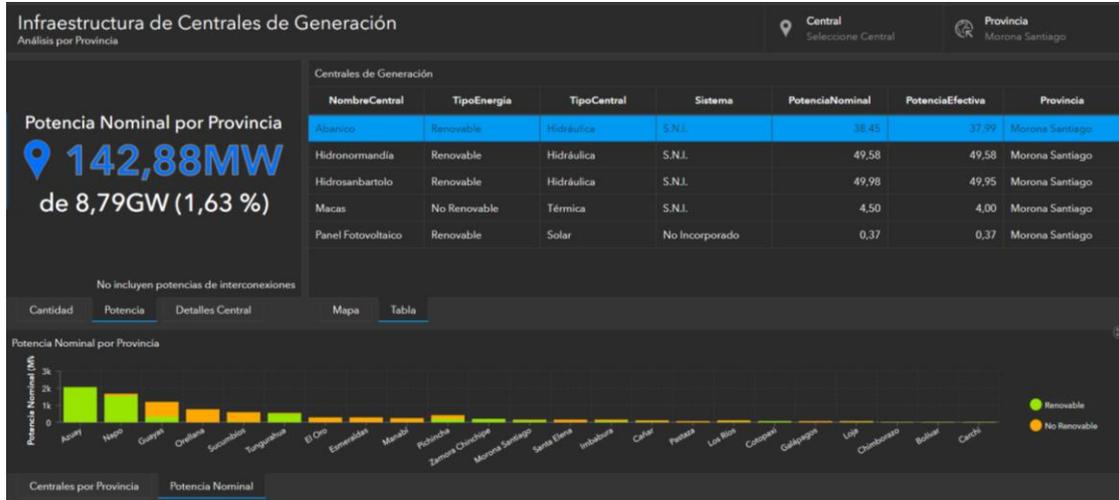
- ARCERNNR 2022, h. s. c. g. e. (2022). <https://geopanel-arcelectricidad.hub.arcgis.com/apps/panel-de-produccion-de-centrales-de-generacion/explore>. WEB STADISTIC.
- ARCERNNR\_ESTADISTICA. (2020). **Estadística anual y multianual del sector Eléctrico Ecuatoriano**. REVISTA ARCERNNR, 316.
- Arévalo, P., Cano, A., & Jurado, F. J. E. (2022). Mitigation of carbon footprint with 100% renewable energy system by 2050: The case of Galapagos islands. 123247.
- ATLAS\_ELECTRICO. (2020). ATLAS 2020 DEL SECTOR ELECTRICO ECUATORIANO. REVISTA.
- ATLAS\_ELECTRICO. (2021). ATLAS DEL SECTOR ELECTRICO ECUATORIANO.
- Ávila-Villavicencio, D. P., Gonzalez-Redrovan, T. J., & Icaza-Álvarez, D. O. J. P. d. C. (2022). Análisis del Potencial Eólico y solar para la Implementación de un Sistema Híbrido de Generación Eléctrica Ubicadas en una Comunidad Rural Oriental de la Provincia de Zamora Chinchipe. 7(1), 674-685.
- BALANCE\_ENERGETICO. (2020). BALANCE\_ENERGETICO\_NACIONAL. REVISTA MERNNR.
- BancoMundial. (2022). <https://datos.bancomundial.org/pais/ecuador> BANCO MUNDIAL "ECUADOR DATA ", DATOS ECUADOR 2016-2021 ONLINE, ONLINE.
- Carta González, J. A., Calero Pérez, R., Colmenar Santos, A., Castro Gil, M.-A., & Collado Fernández, E. (2013). *Centrales de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables*: Pearson Educación.
- Castillo, T., García, F., Mosquera, L., Rivadeneira, T., Segura, K., & Yujato, M. J. I. O. L. d. E., Quito. (2018-2021). Panorama energético de América Latina y el Caribe 2018-2021.
- Chudnovsky, B. H. (2017). *Transmission, distribution, and renewable energy generation power equipment: Aging and life extension techniques*: CRC Press.
- CLIMA, P. G. Y. (2022). anfibios del Ecuador pagina web : <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>.  
<https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>.
- CONELEC\_ATLAS\_SOLAR. (2008). ATLAS SOLAR DEL ECUADOR. REVISTA.
- D.F.DOMINKOVIC, I. B., B.COSIC,GKRAJACIC.TPUKSEC. (2016). ZERO CARBON ENERGY SYSTEM OF SOUTH EAST EUROPE IN 2050. ARTÍCULO, 1, 12.
- Daniel, I., Cabrera, J., & Arias, P. (2018). *Solar Energy Supply for the Rural Parish GAD's of Ecuador*. Paper presented at the 2018 IEEE ANDESCON.
- DANIEL ICAZA, D. B.-D., SANTIAGO PULLA. (2020). PROPOSAL OF 100% RENEWABLE ENERGY PRODUCTION FOR THE CITY OF CUENCA-ECUADOR BY 2050. ARTÍCULO, 18.
- ECOLOGICA, M. D. A. Y. T. (2022 <https://www.ambiente.gob.ec/>). MINISTERIO DEL AMBIENTE Y TRANSICIÓN ECOLOGICA. <https://www.ambiente.gob.ec/>, <https://www.ambiente.gob.ec/>, <https://www.ambiente.gob.ec/>.
- Gielen, D., Gorini, R., Leme, R., Prakash, G., Wagner, N., Janeiro, L., . . . Ferroukhi, R. (2021). World Energy Transitions Outlook: 1.5° C Pathway.
- González, A. B. P., de Jesús Silva, B., & Masip-Macía, Y. J. L. r. l. i. d. d. r. (2021). Transición energética en América Latina y el Caribe: diálogos inter y transdisciplinarios en tiempos de pandemia por Covid-19. (39), 33-61.
- Hernrik Lund, J. Z. T. (mayo 2021). ENERGYPLAN -ADVANCED ENERGY SYSTEM ANALYSIS COMPUTER MODEL. [www.EnergyPLAN.eu](http://www.EnergyPLAN.eu), 191.
- Icaza-Alvarez, D., Jurado, F., Tostado-Véliz, M., & Arevalo, P. J. R. E. (2022). Decarbonization of the Galapagos Islands. Proposal to transform the energy system into 100% renewable by 2050. 189, 199-220.
- Icaza, D., Borge-Diez, D., & Galindo, S. P. J. R. E. (2022). Analysis and proposal of energy planning and renewable energy plans in South America: Case study of Ecuador. 182, 314-342.

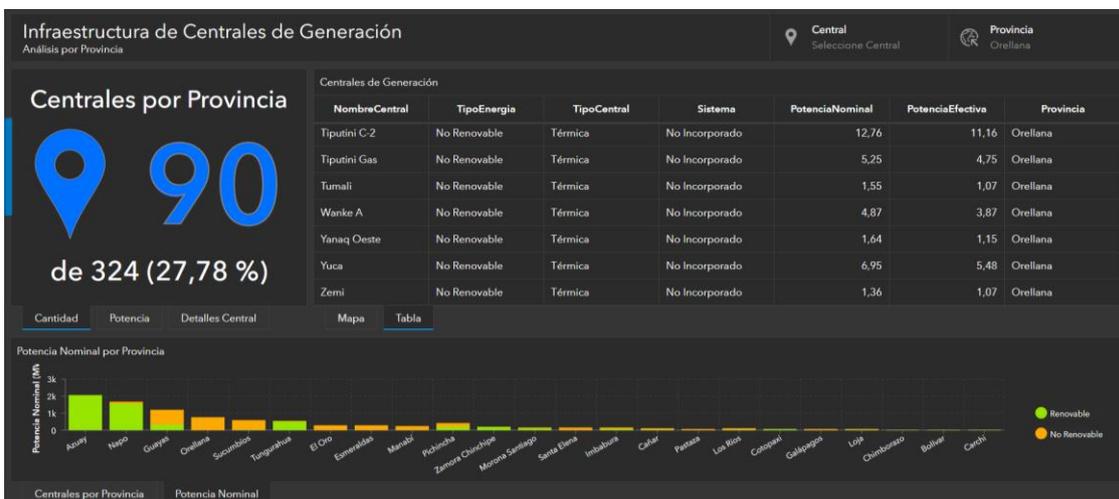
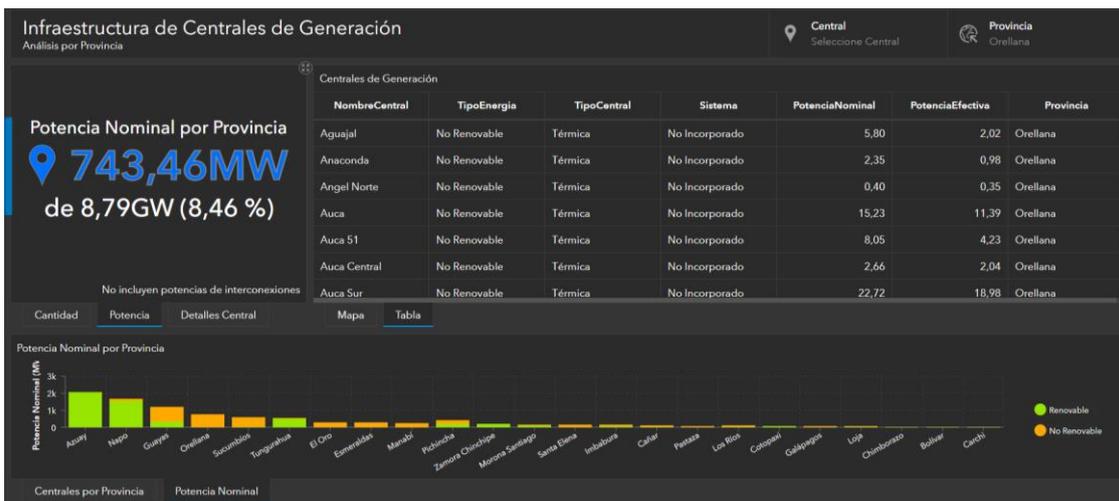
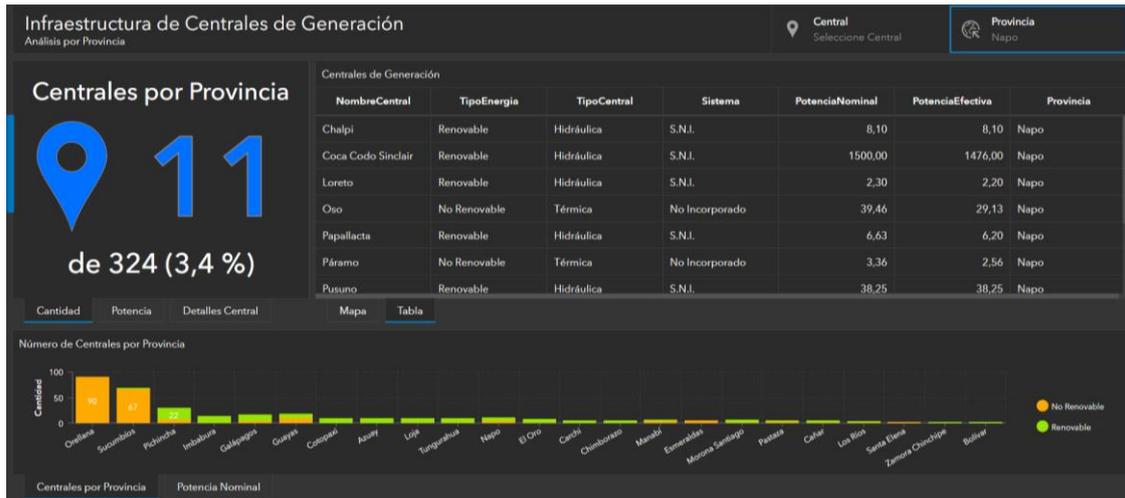
- Icaza, D., Jurado, F., & Galindo, S. P. (2020). *What is of interest that the buildings of the public electrical companies are also provided with solar energy? Case study" Empresa Eléctrica Centro Sur CA" in Cuenca-Ecuador*. Paper presented at the 2020 9th International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA).
- Icaza, D., Pulla, S., Colak, I., Flores, C., & Córdova, F. (2018). *Modeling, simulation and stability analysis of a low-wind turbine for the supply of energy to the Amazon Jungle and Galapagos in Ecuador*. Paper presented at the 2018 7th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA).
- LEIB, S. (2019). EL POTENCIAL DE TRES ENERGÍAS RENOVABLES EN LA AMAZONIA. *ARTÍCULO*, 8.
- Lund, H. (2014). *Renewable energy systems: a smart energy systems approach to the choice and modeling of 100% renewable solutions*: Academic Press.
- Lund, H., Thellufsen, J. Z., Østergaard, P. A., Sorknæs, P., Skov, I. R., & Mathiesen, B. V. J. S. E. (2021). EnergyPLAN—Advanced analysis of smart energy systems. *ARTÍCULO*, 1, 15.
- Matteo Giacomo, F. C., David Moser, Giampaolo, Wolfram Sparber. (2020). SMART ENERGY, OPTIMISATION METHOD TO OBTAIN MARGINAL ABATEMENT COST-CURVE THROUGH ENERPLAN SOFTWARE. *ARTÍCULO*, 1, 13.
- MERNNR\_PLAN\_MAESTRO. (2020). PLAN MAESTRO DE ELECTRICIDAD. *REVISTA*.
- Ministerio de Electricidad y energía Renovable, M. (2013). ATLAS EÓLICO ECUADOR MEER 2013, con fines de generación eléctrica.
- NATALIA GREENE, V. M. (2020). ENERGIA RENOVABLE PARA LA AMAZONIA, FUNDACION PACHAMAMA. *POLICY PAPER*, 1, 38.
- Palomares, M. T., & Aristizabal, A. B. J. L. V., *Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*. (2016). Visiones de la electrificación rural en la Amazonía ecuatoriana: disputando lógicas hegemónicas. (20), 4-21.
- Samaniego, M. P., & Abad, J. E. J. E. R. e. e. E.-S. a. t. y. p. (2015). Eficiencia energética y ahorro de energía en el Ecuador. 1, 212-255.
- Schallenberg, J., Piernavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., Garcia, R., Díaz, M., . . . Subiela, V. (2008). Energías renovables y eficiencia energética. Instituto Tecnológico de Canarias, SA. In: Abril. España.

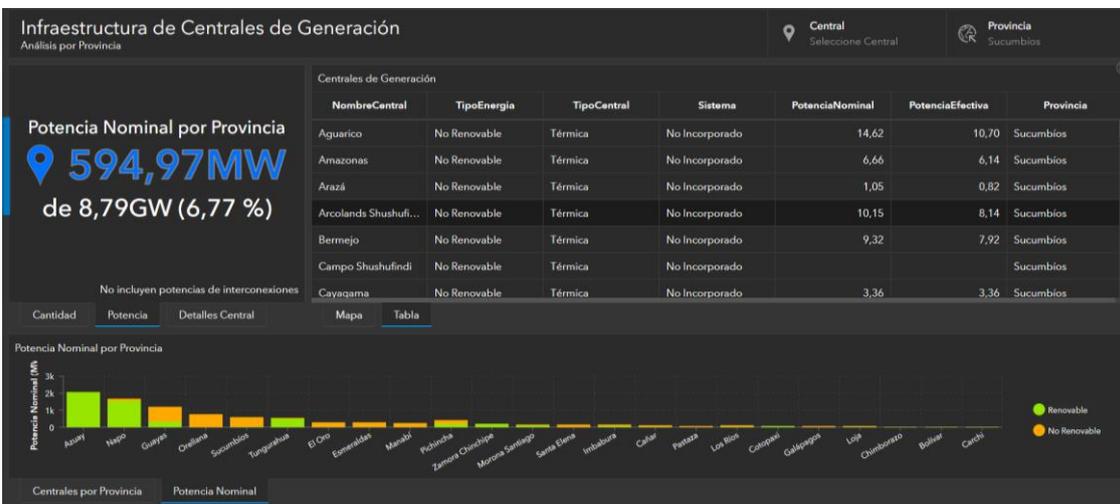
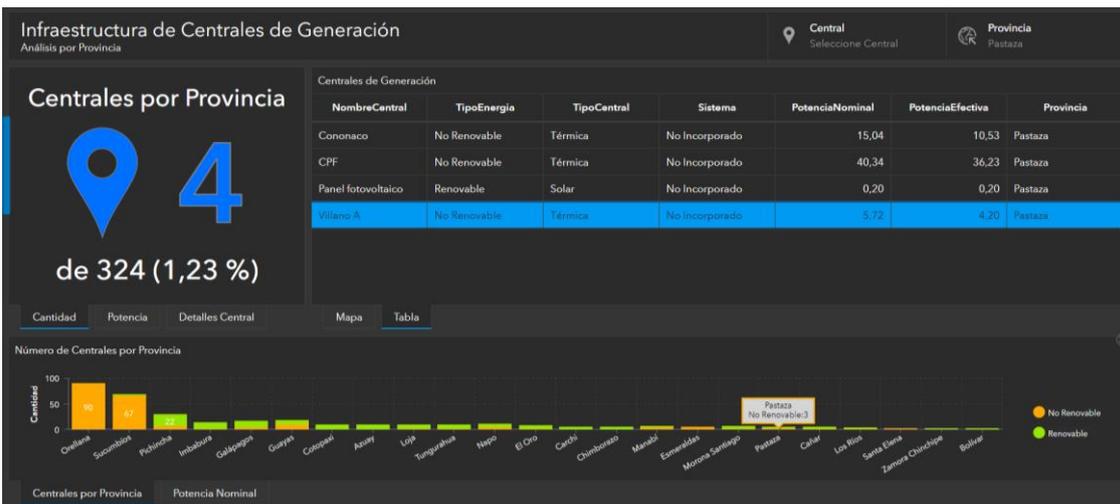
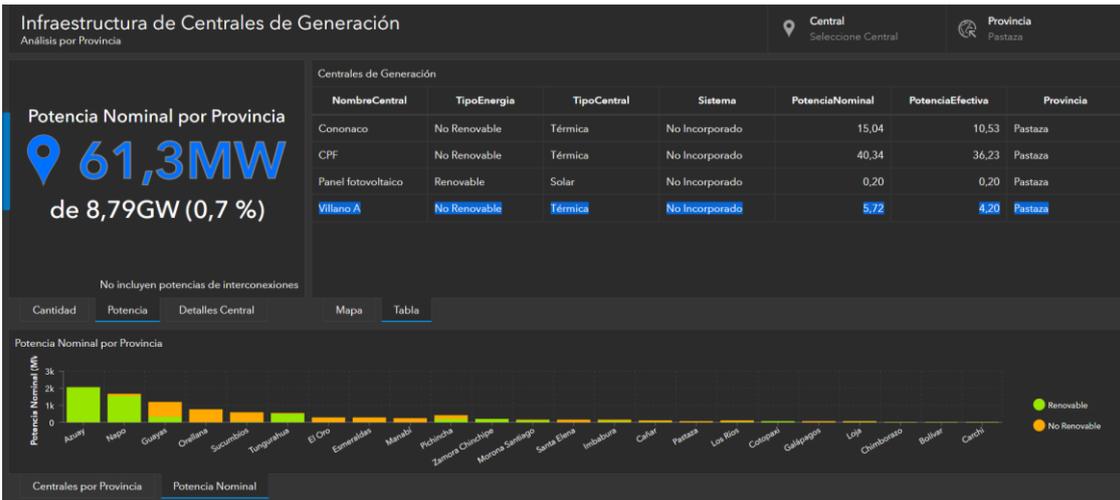
## ANEXOS

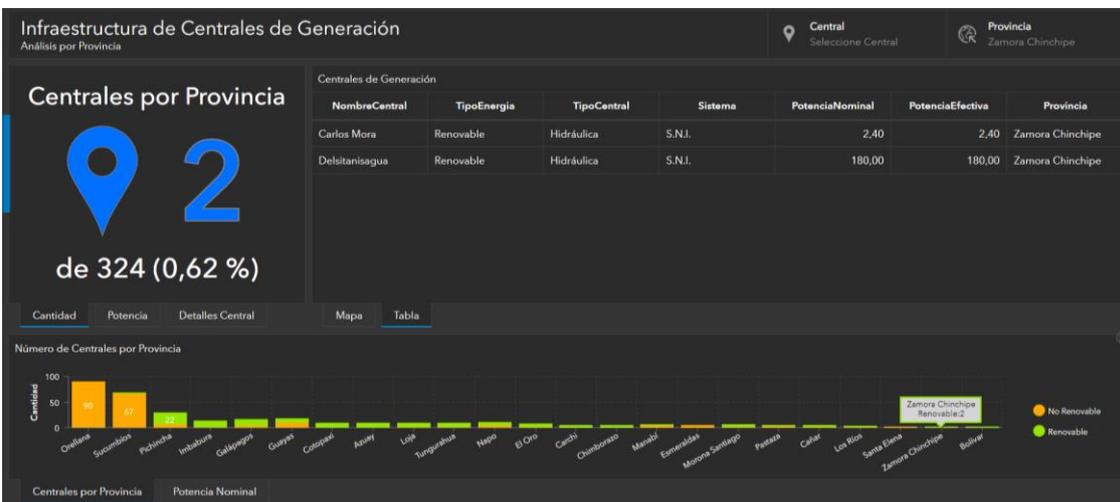
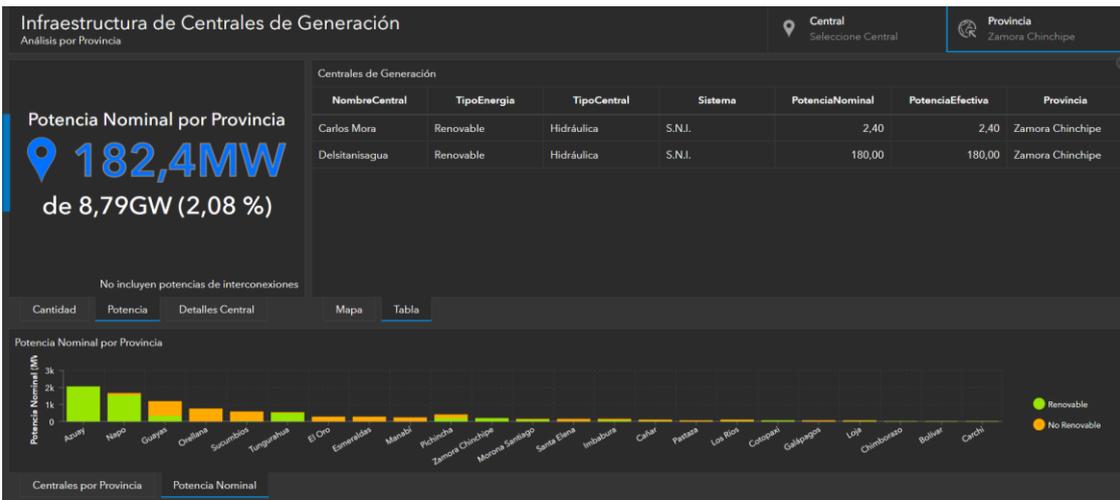
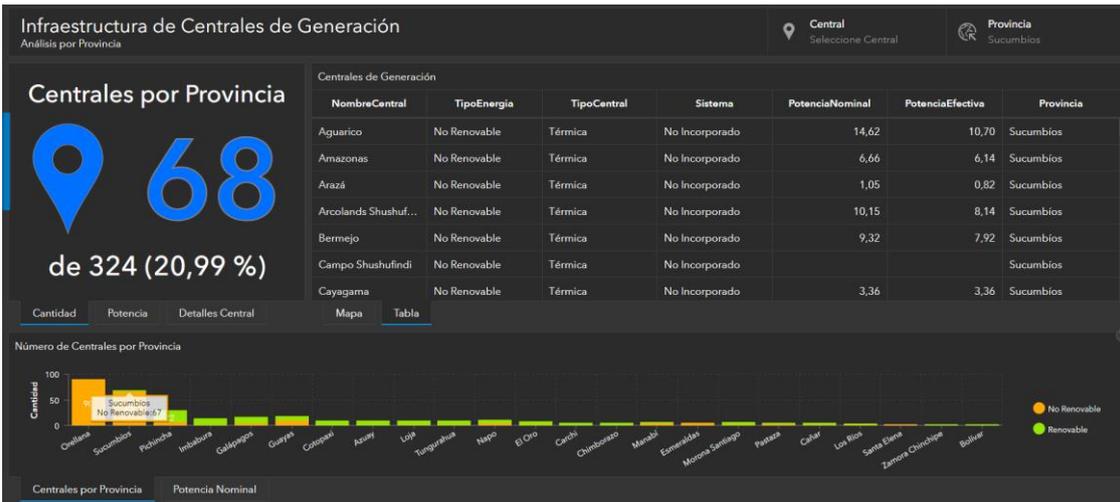
### Anexo 1. Infraestructura de Centrales Generación Región Amazónica por provincia

fuelle(ARCERNNR 2022, 2022)



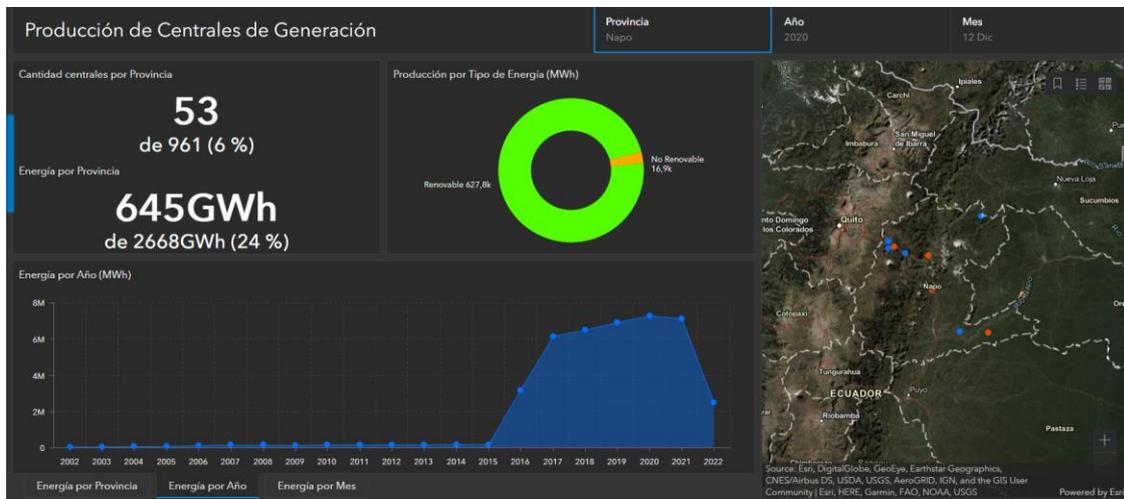
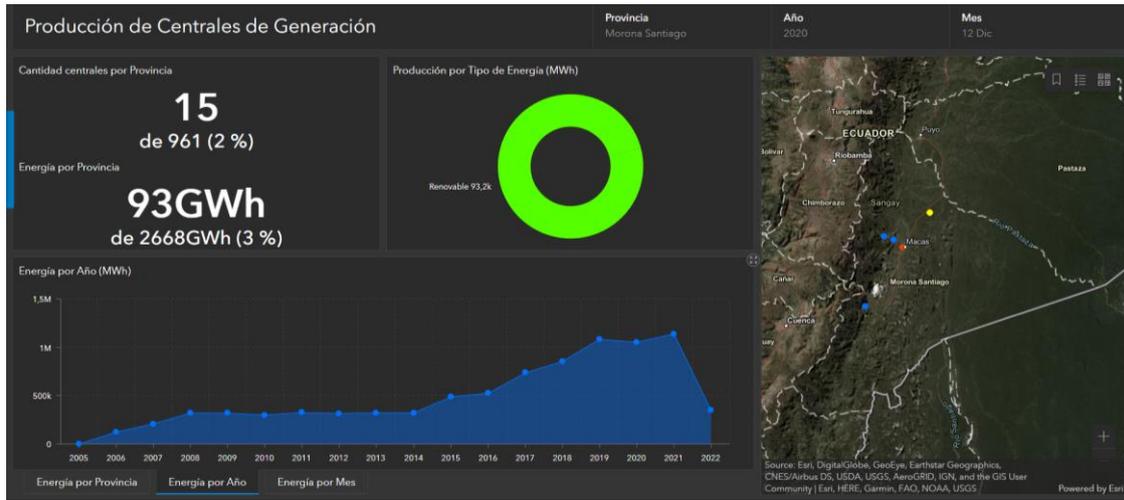


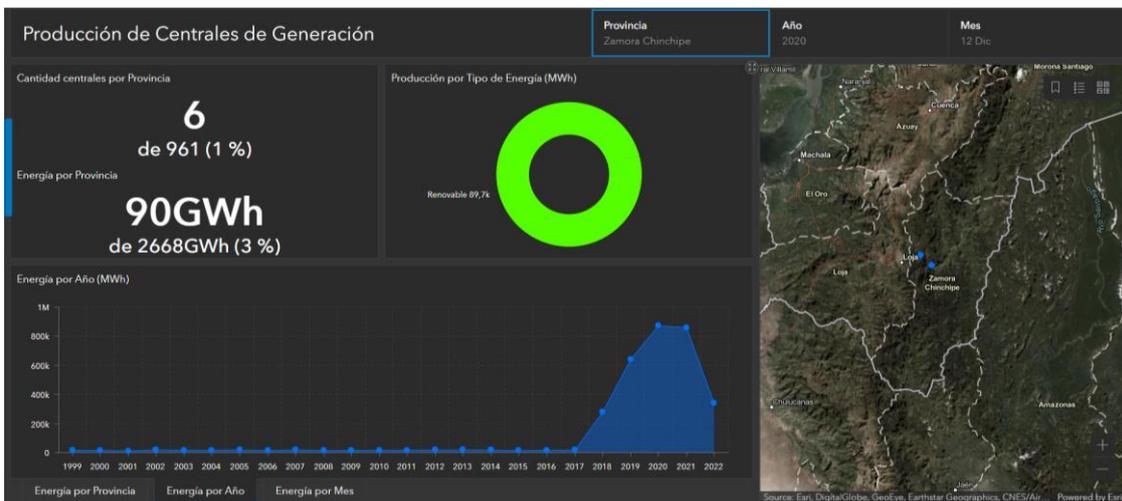
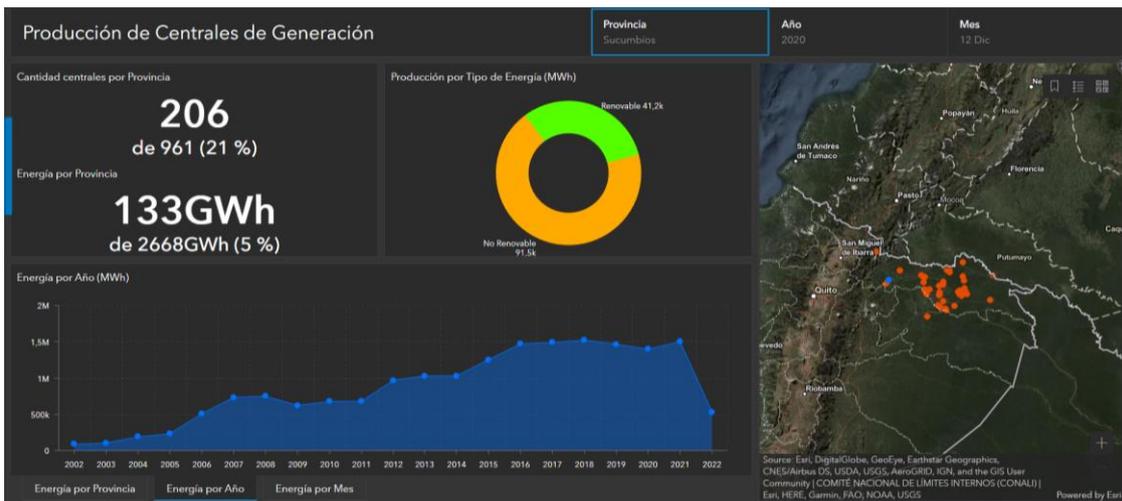
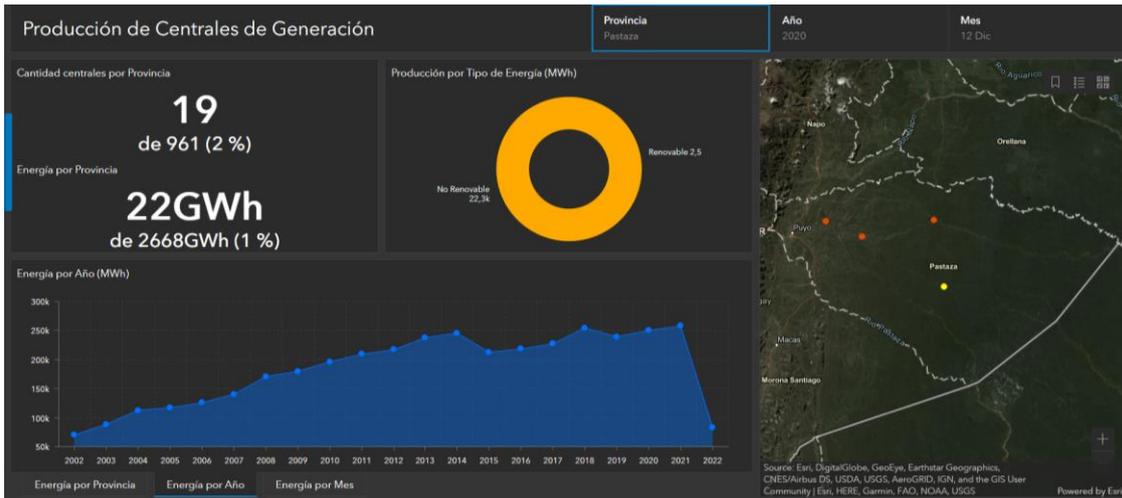




## Anexo 2. Producción Energética en Centrales región Amazonía por provincia.

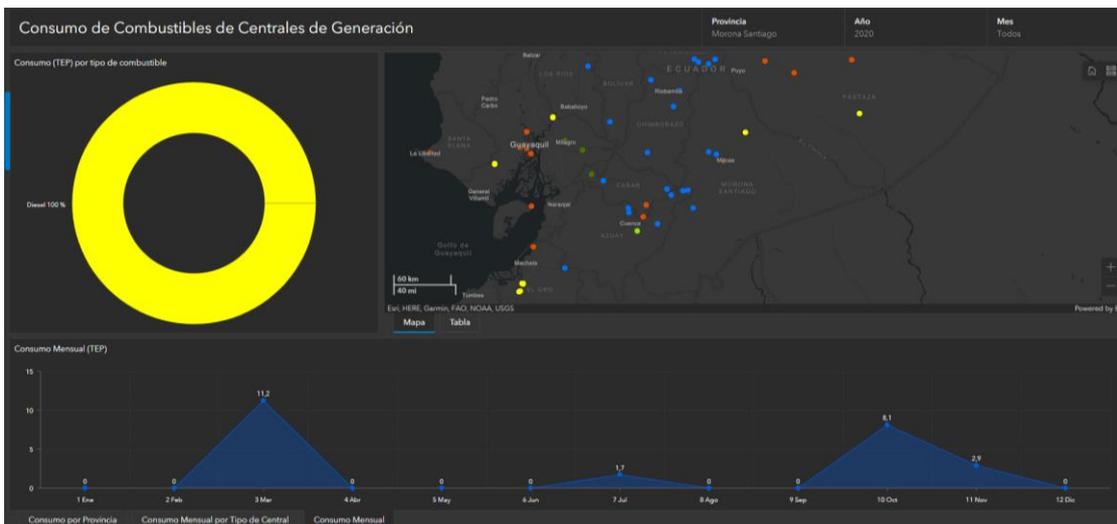
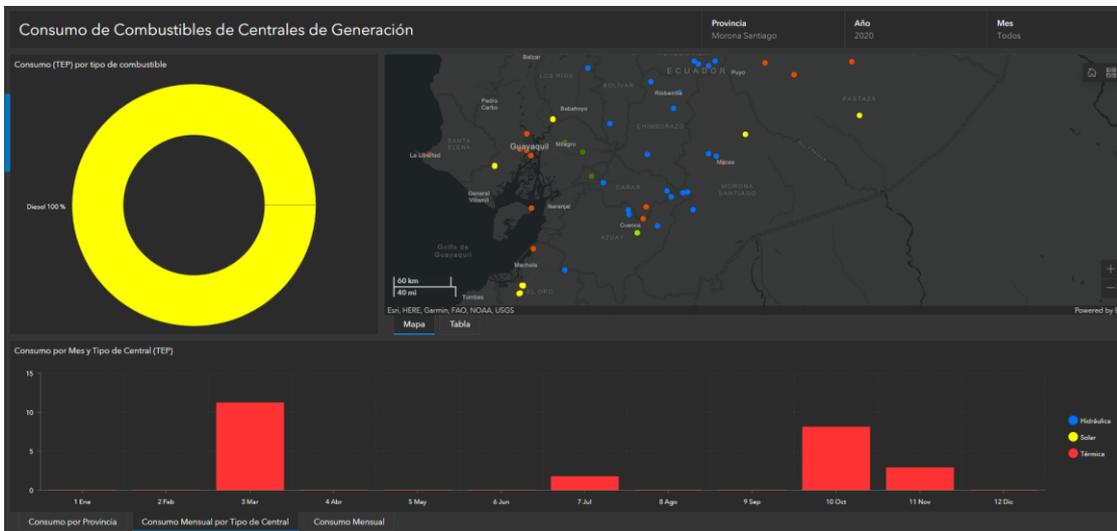
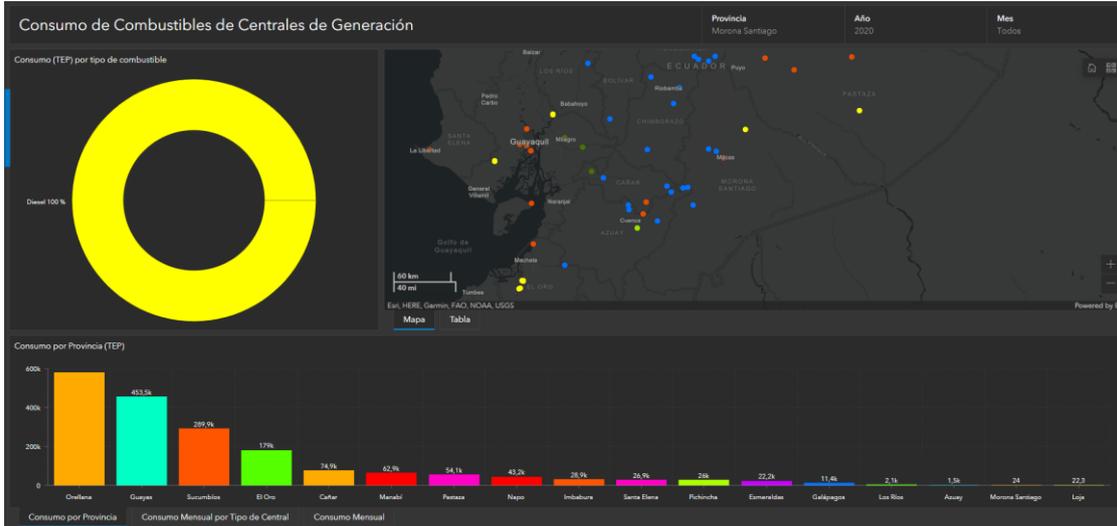
Fuente (ARCERNNR 2022, 2022)

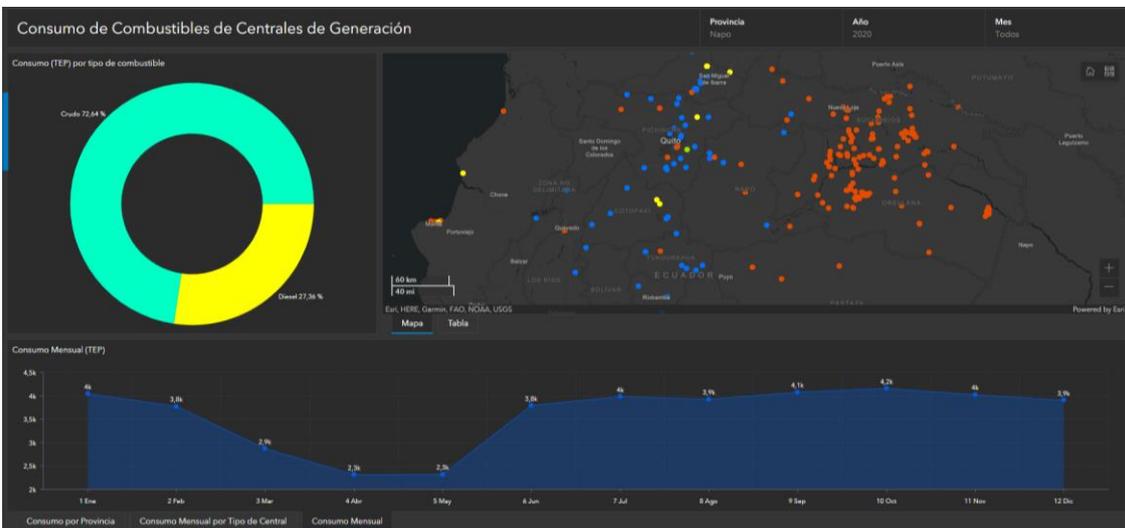
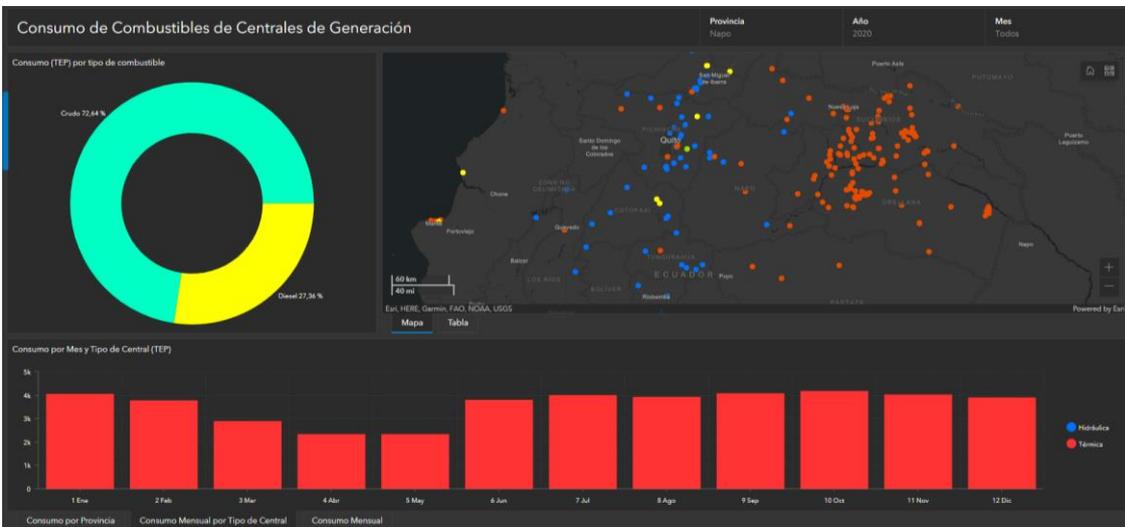
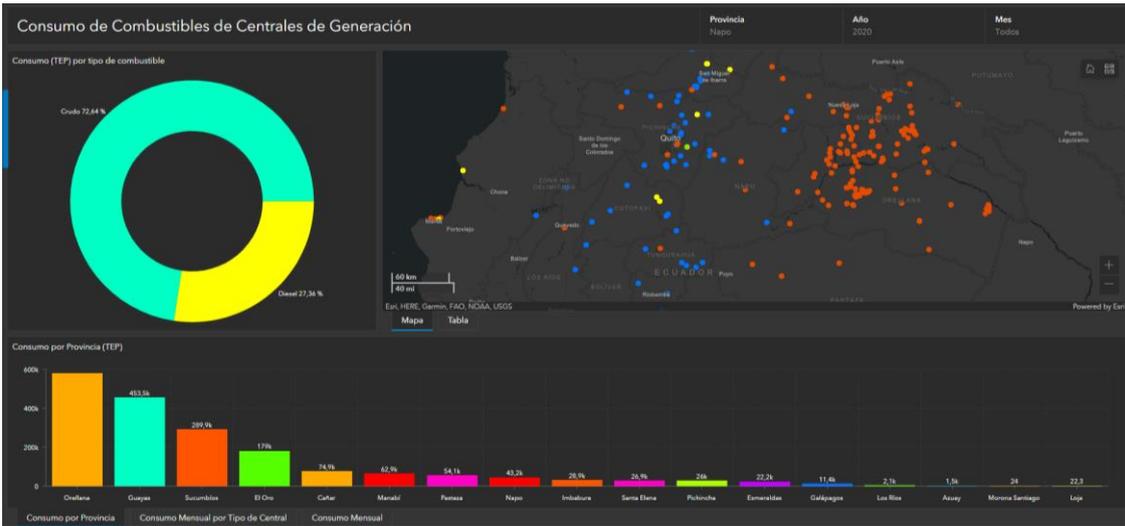


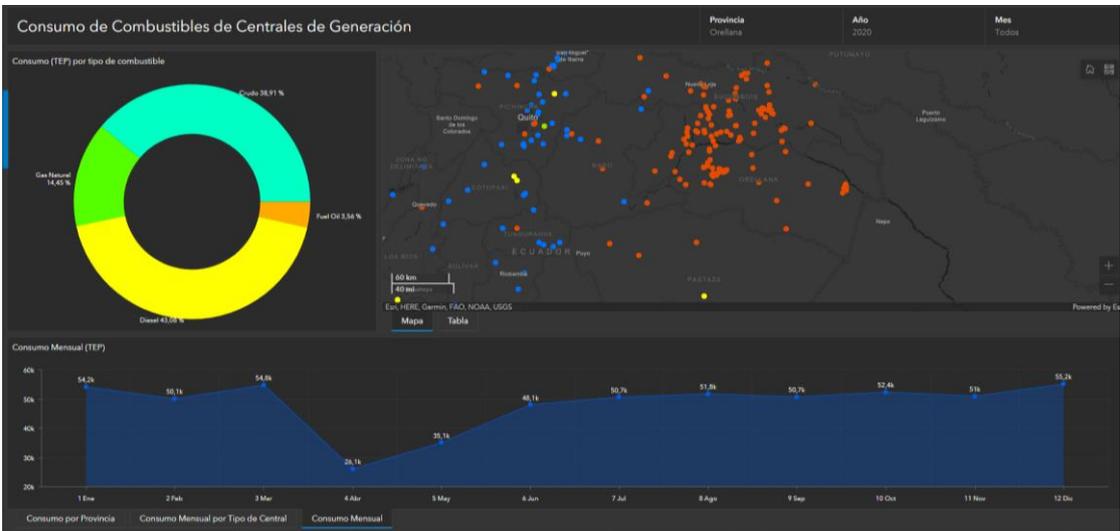
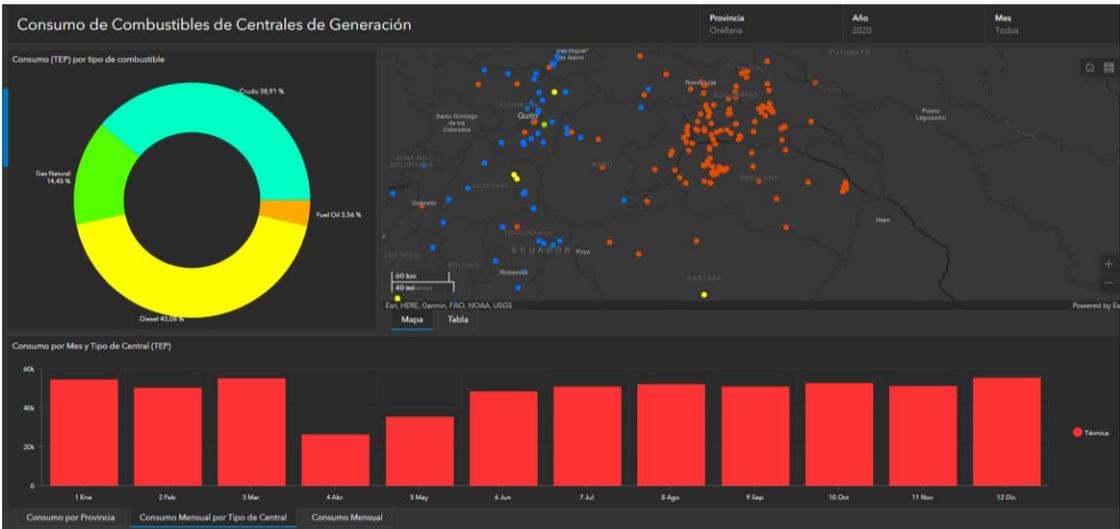


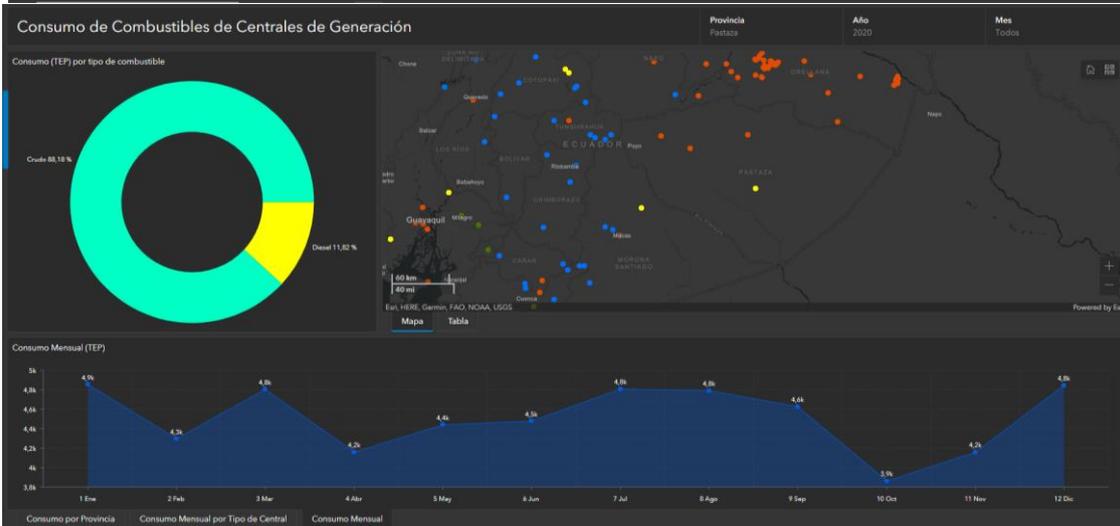
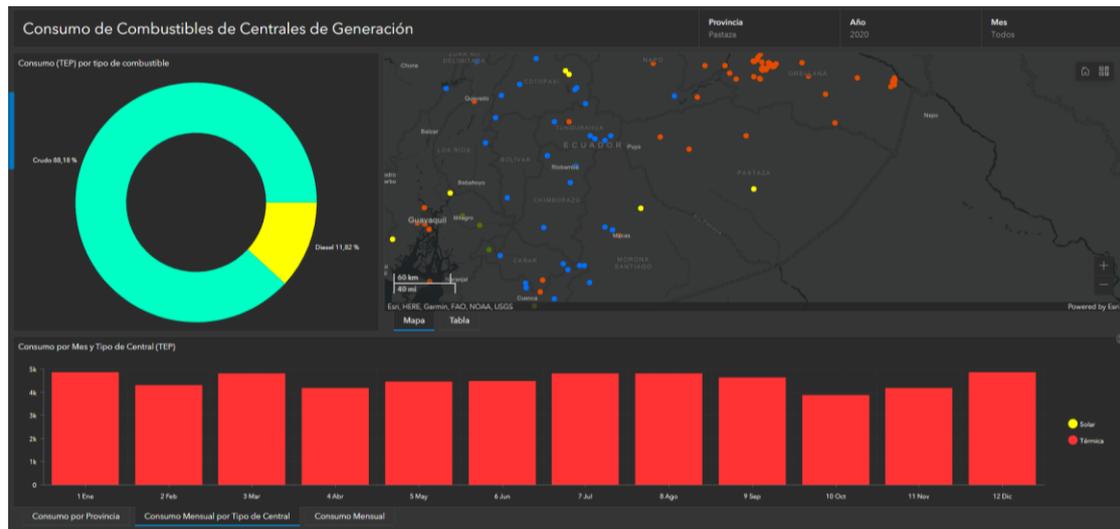
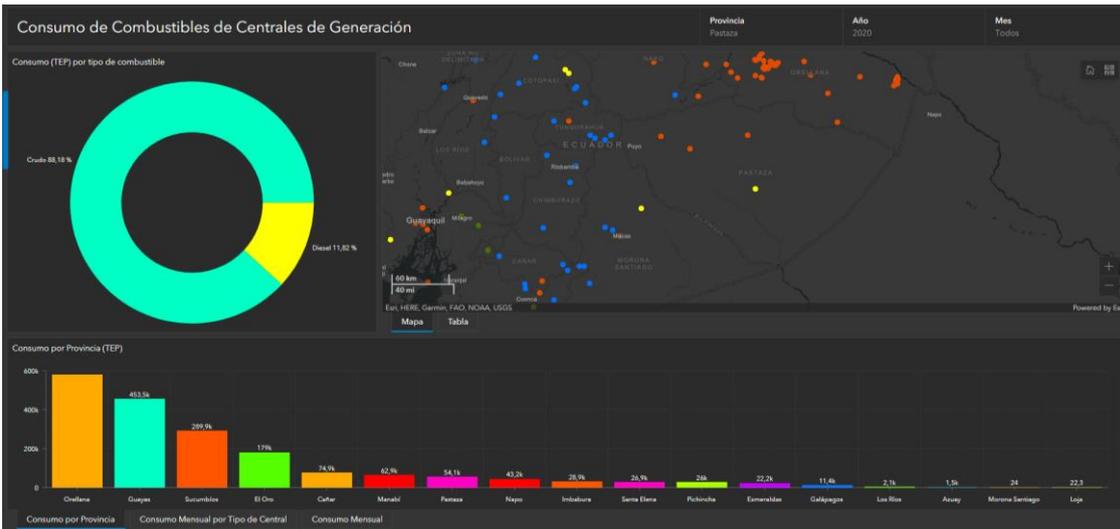
### Anexo 3. Consumo de Combustibles región Amazónica por provincia.

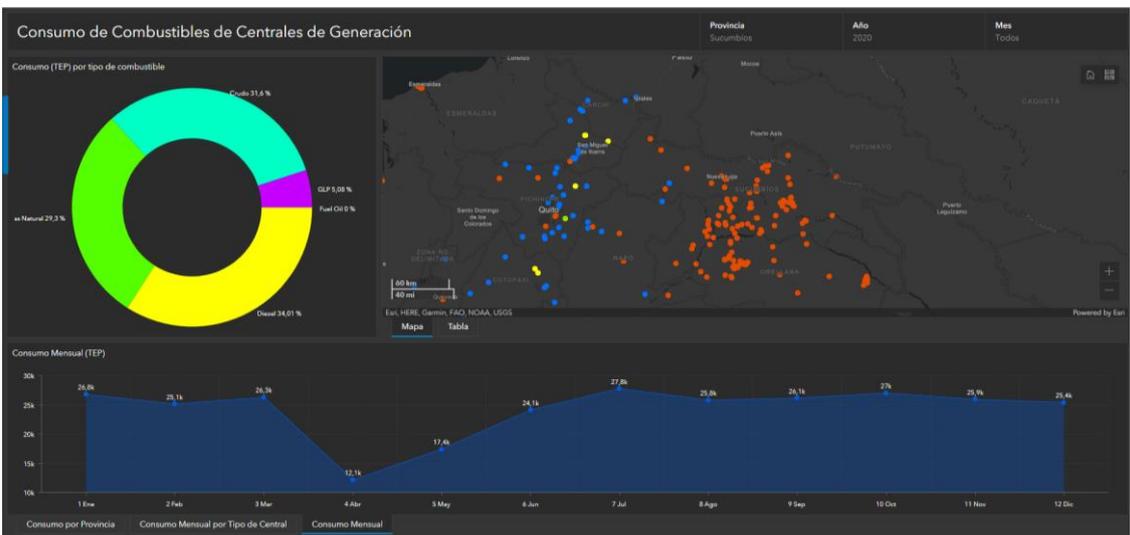
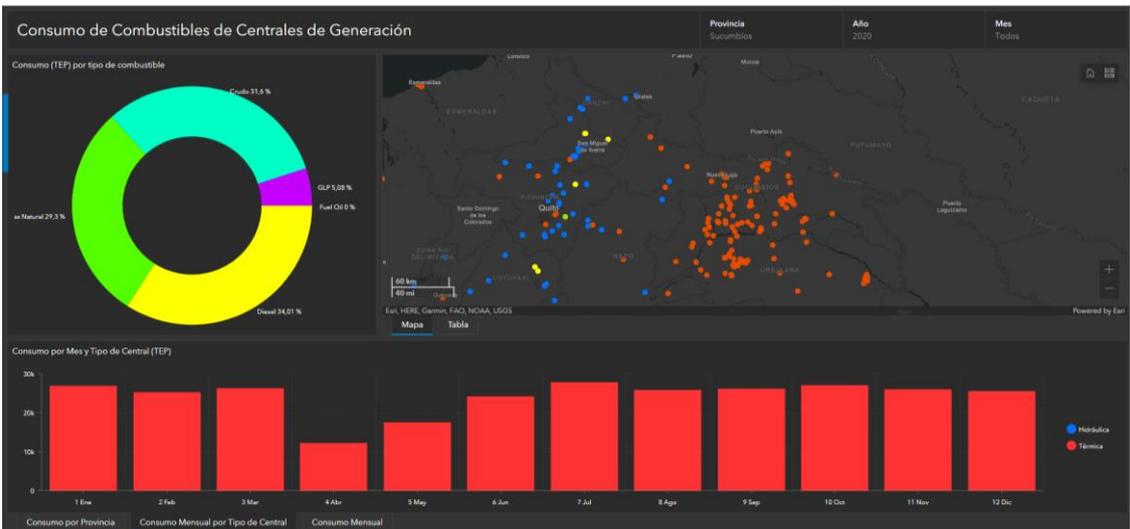
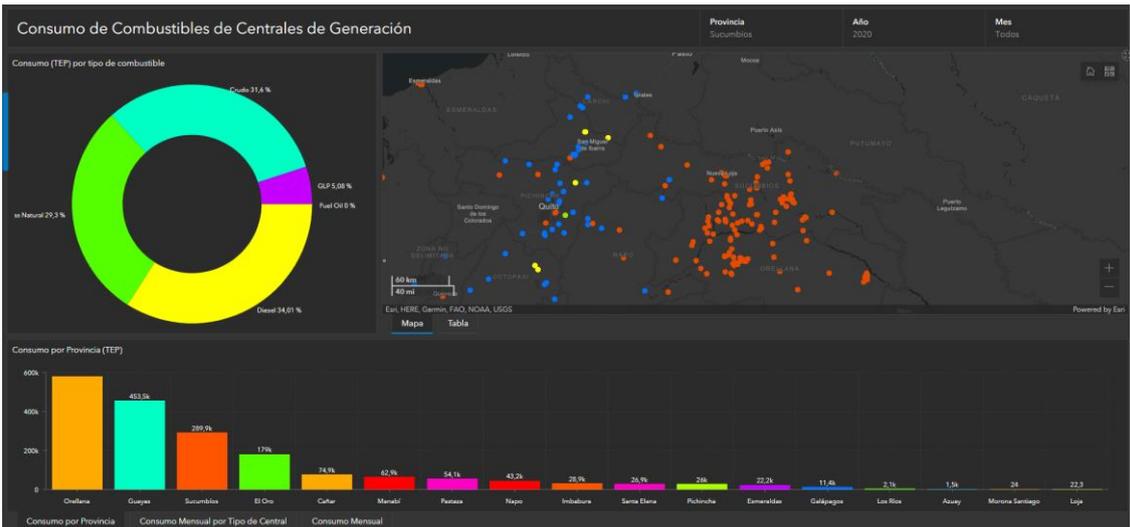
fuelle(ARCERNNR 2022, 2022)

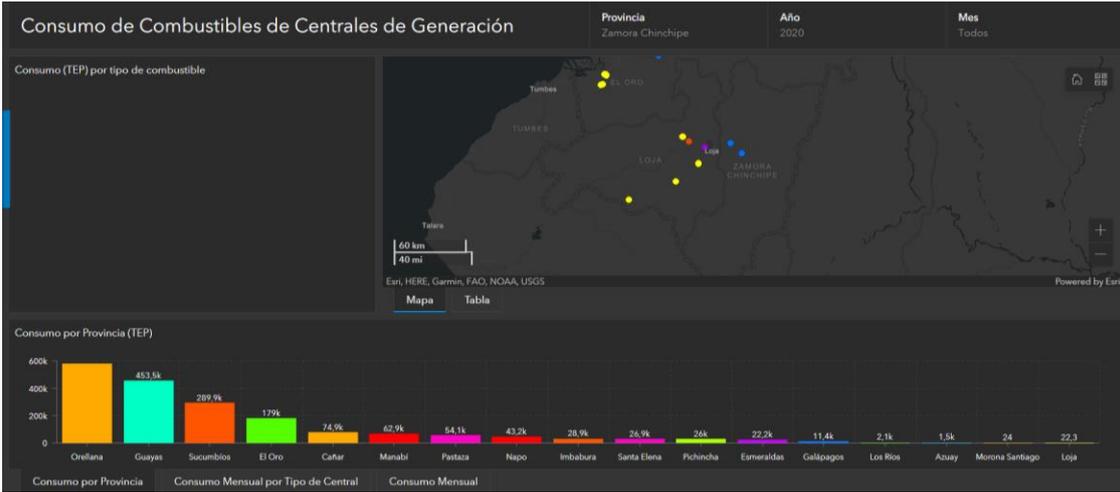




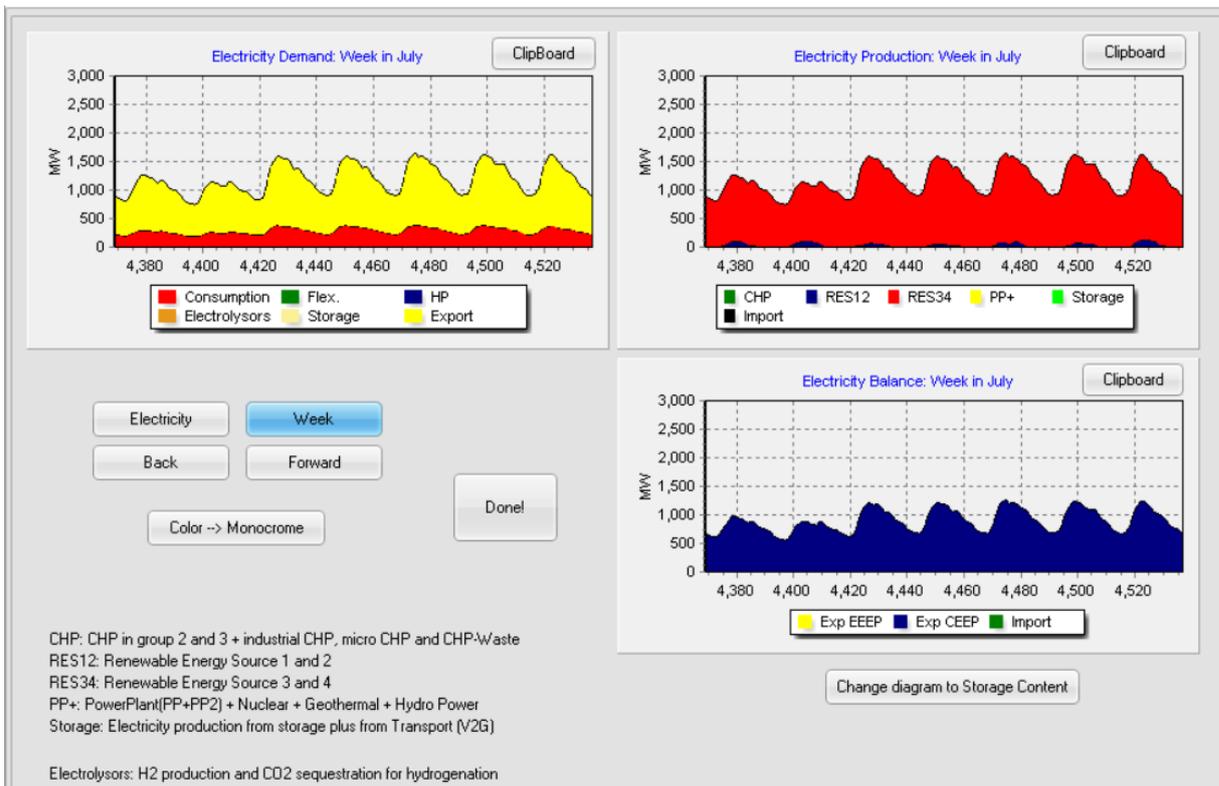
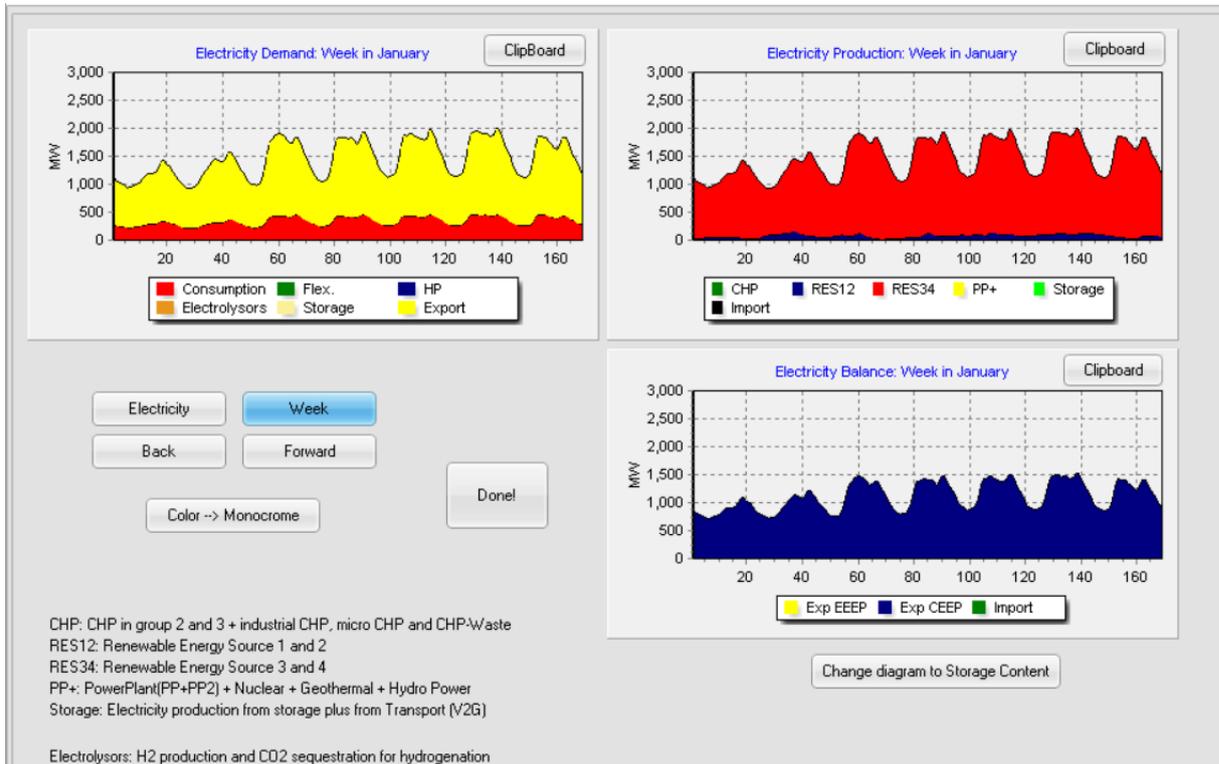


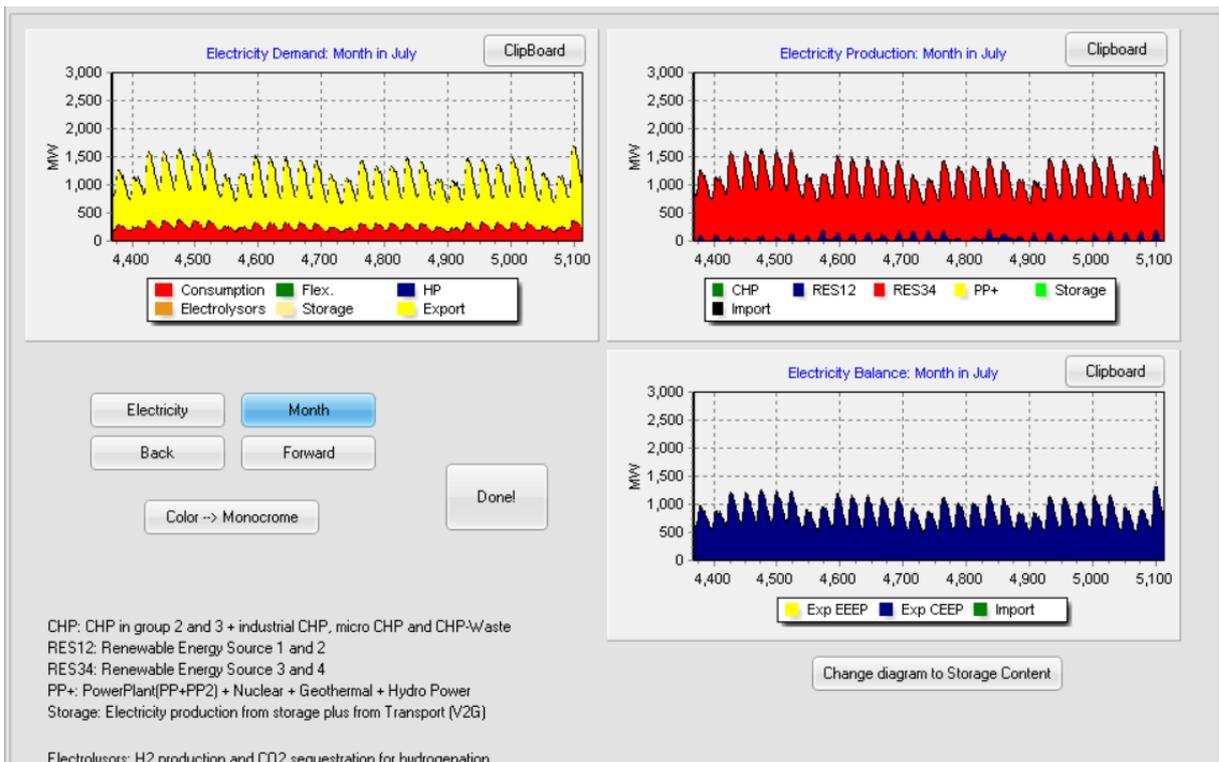
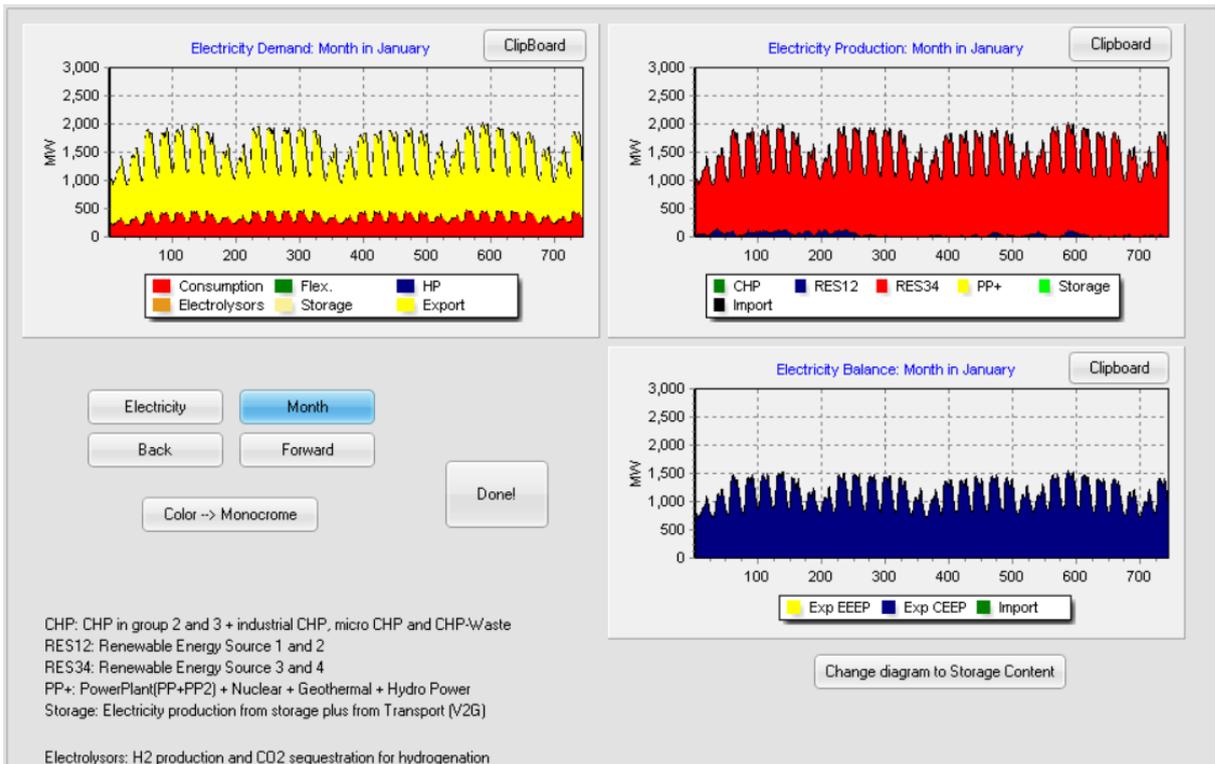


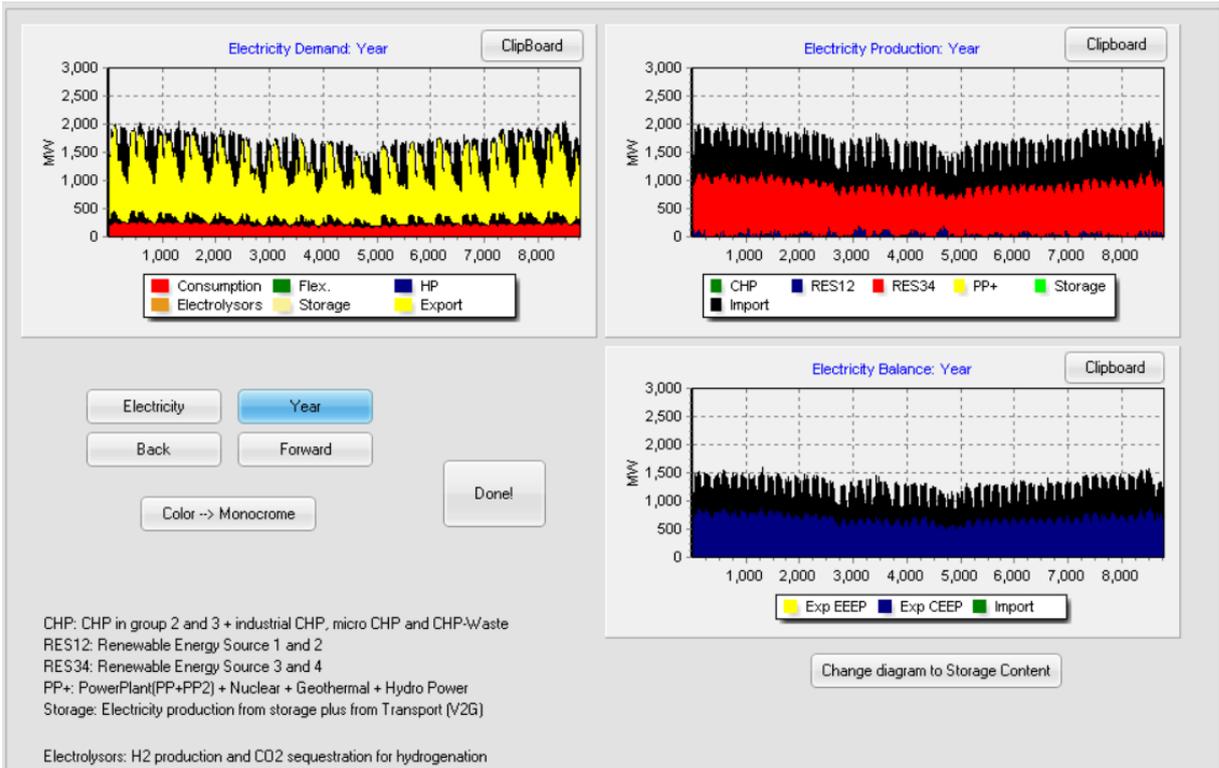


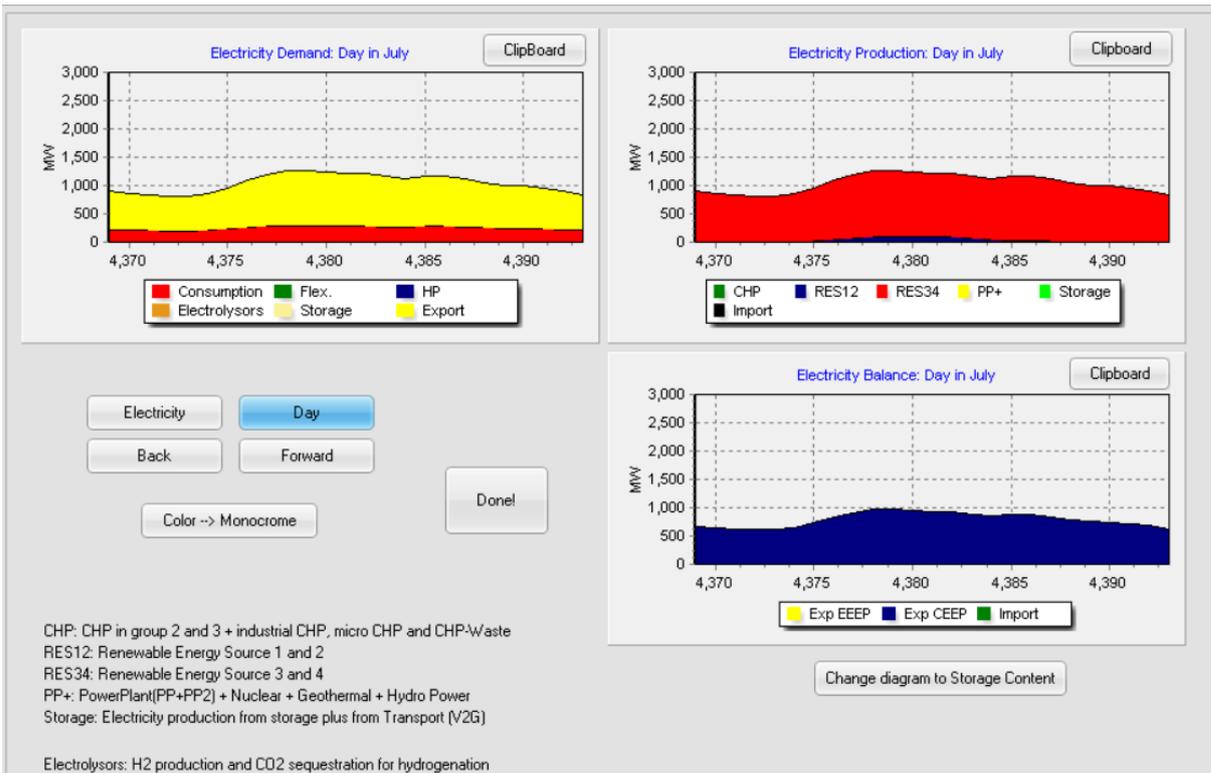
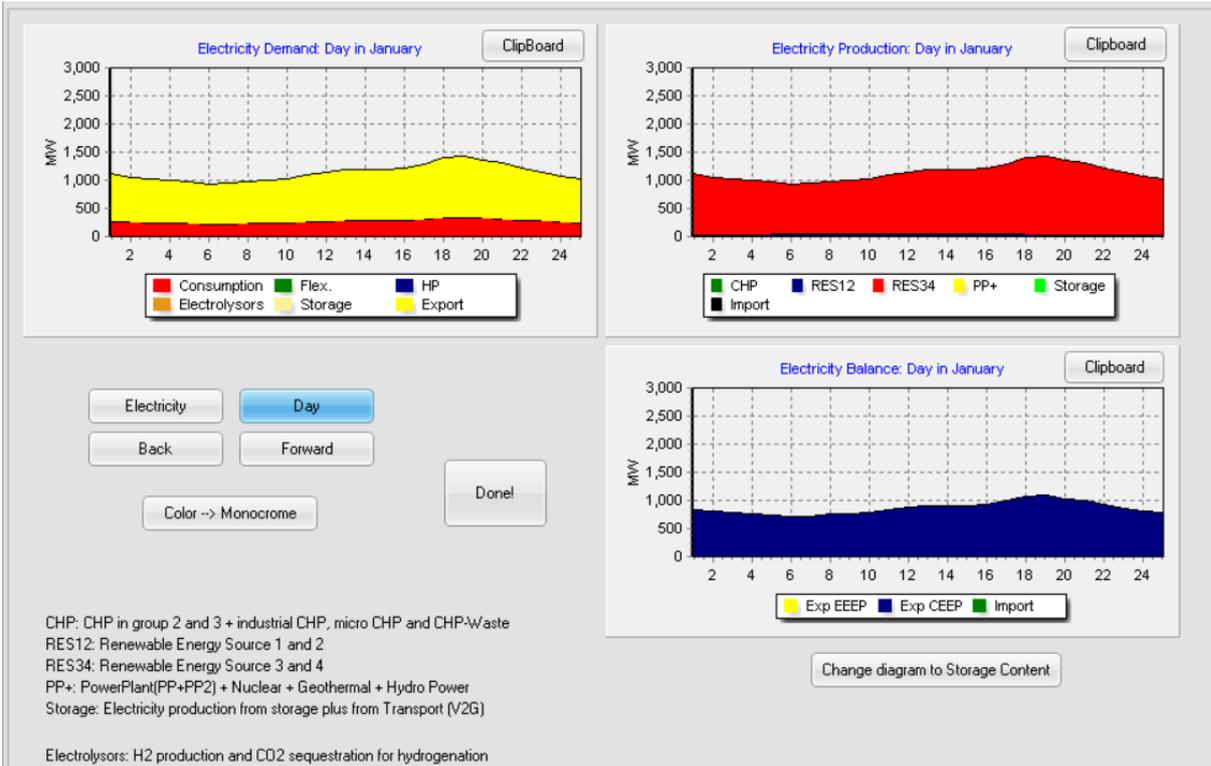


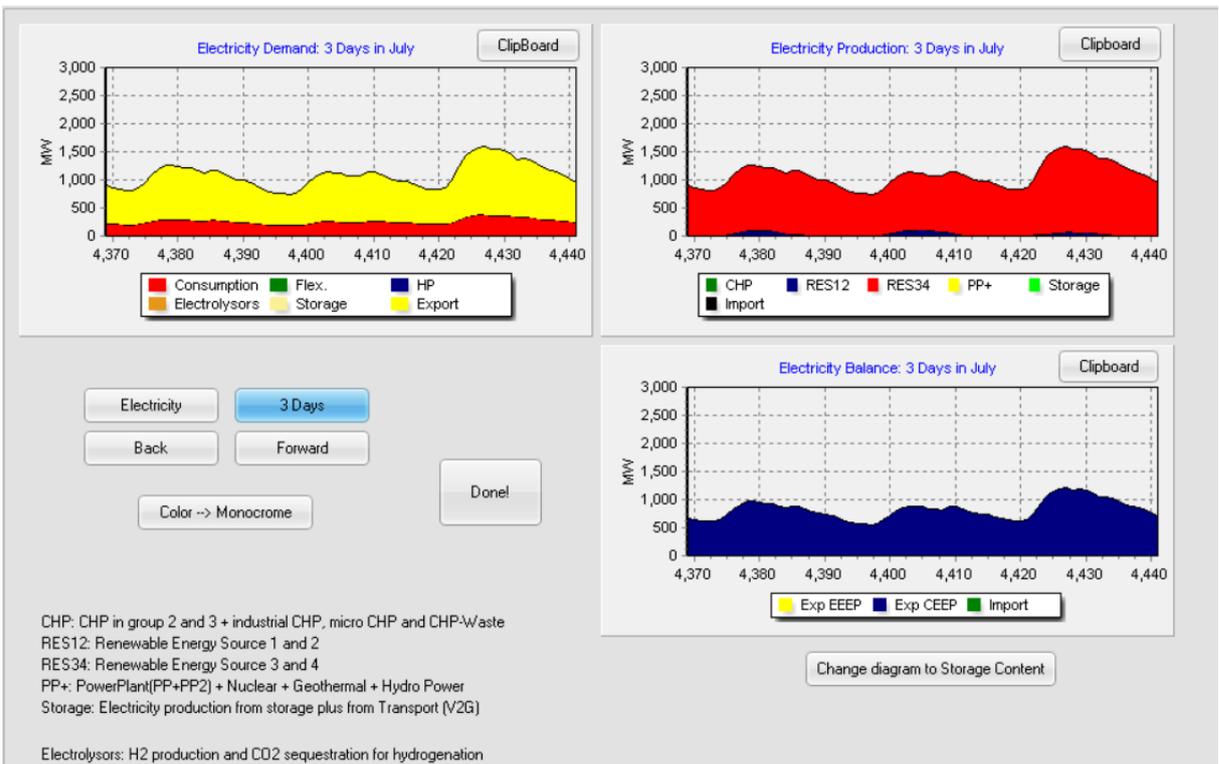
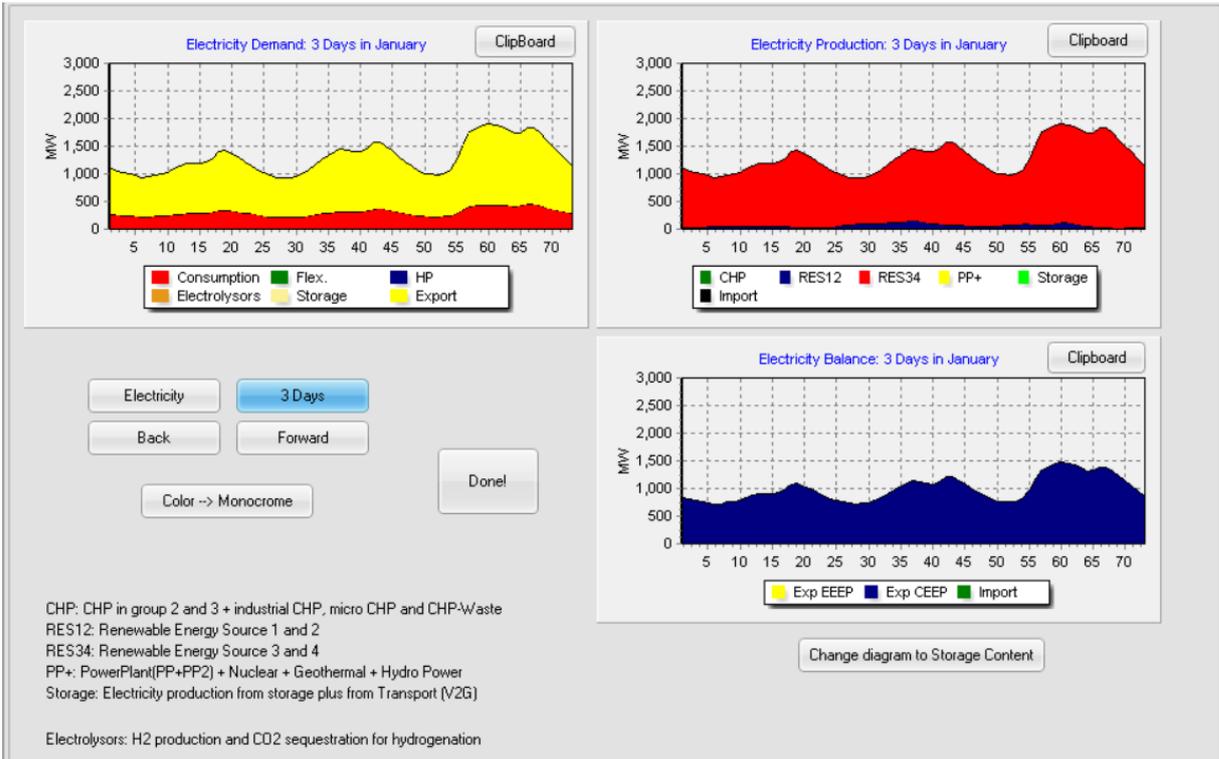
## Anexo 4. Curvas de Simulación años 2030,2040 y 2050

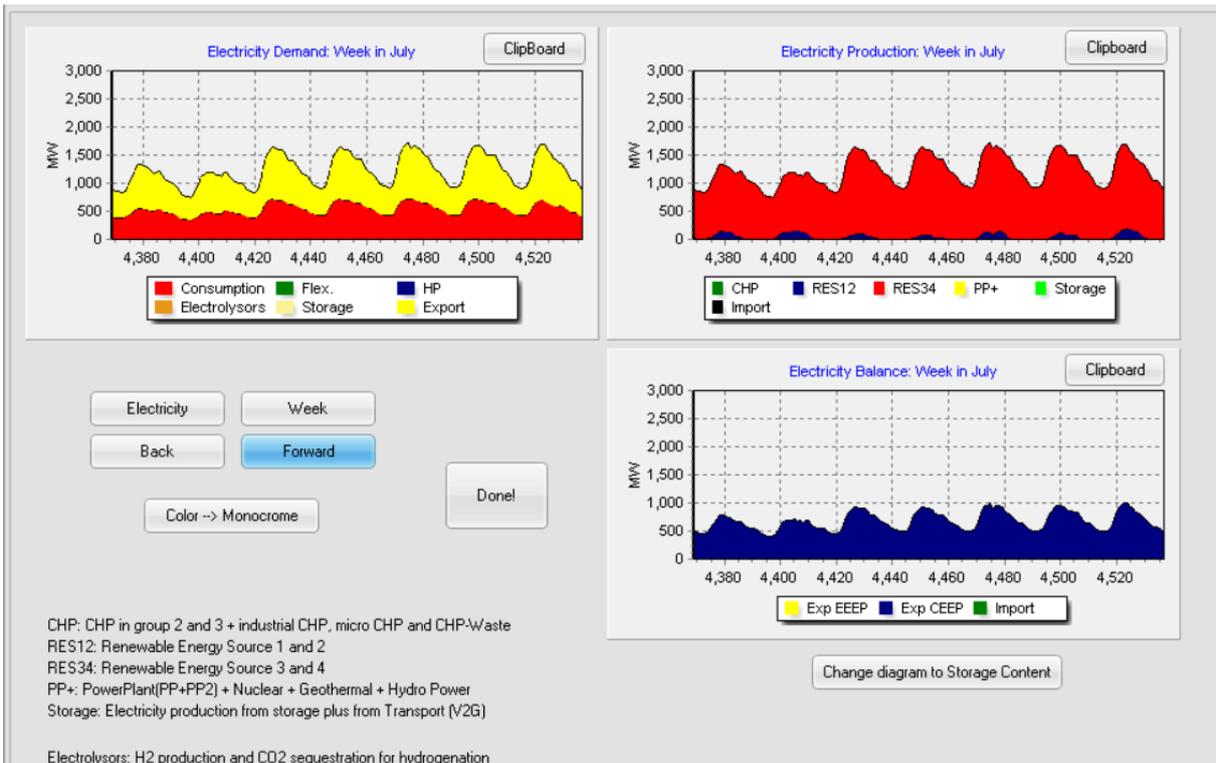
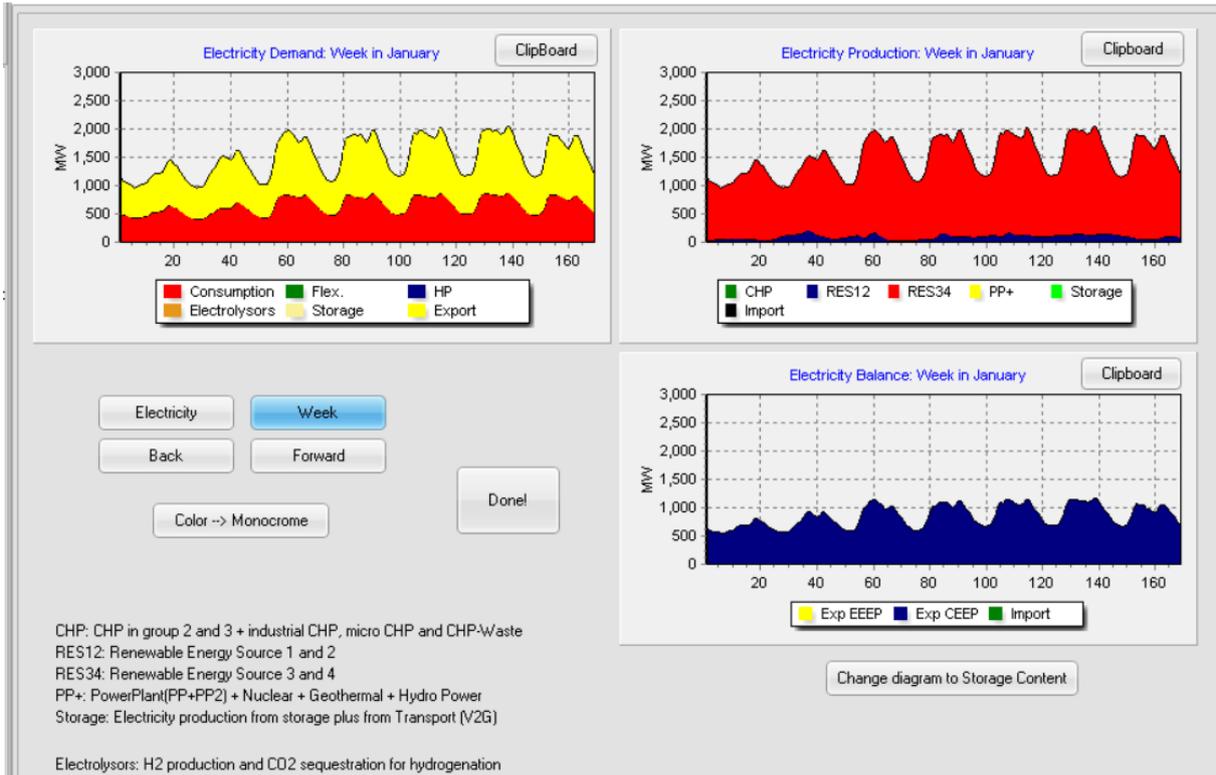


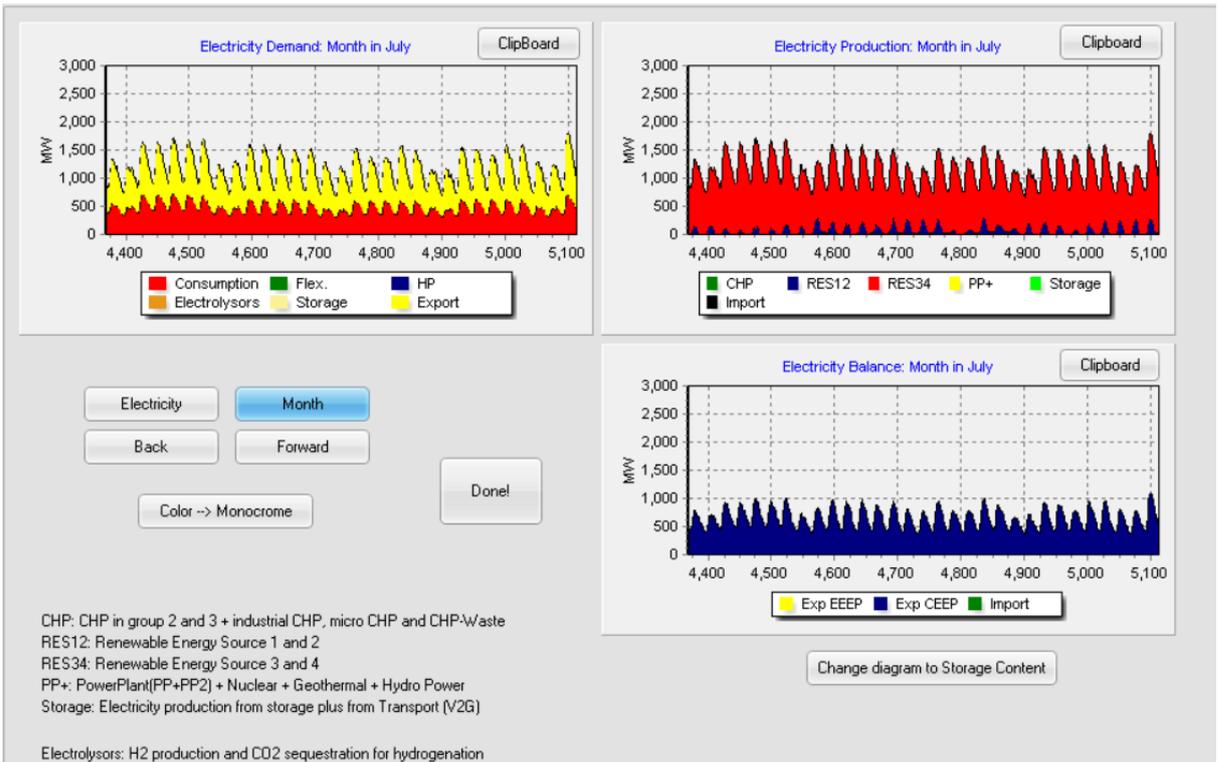
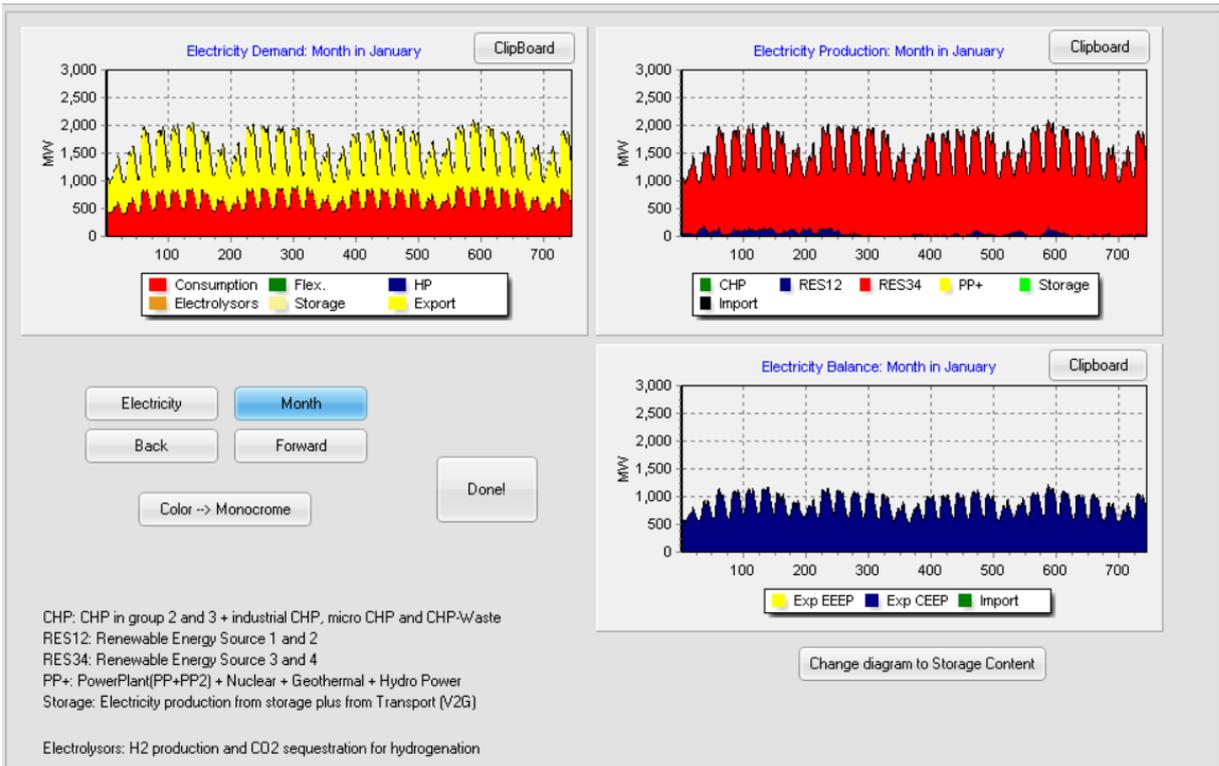


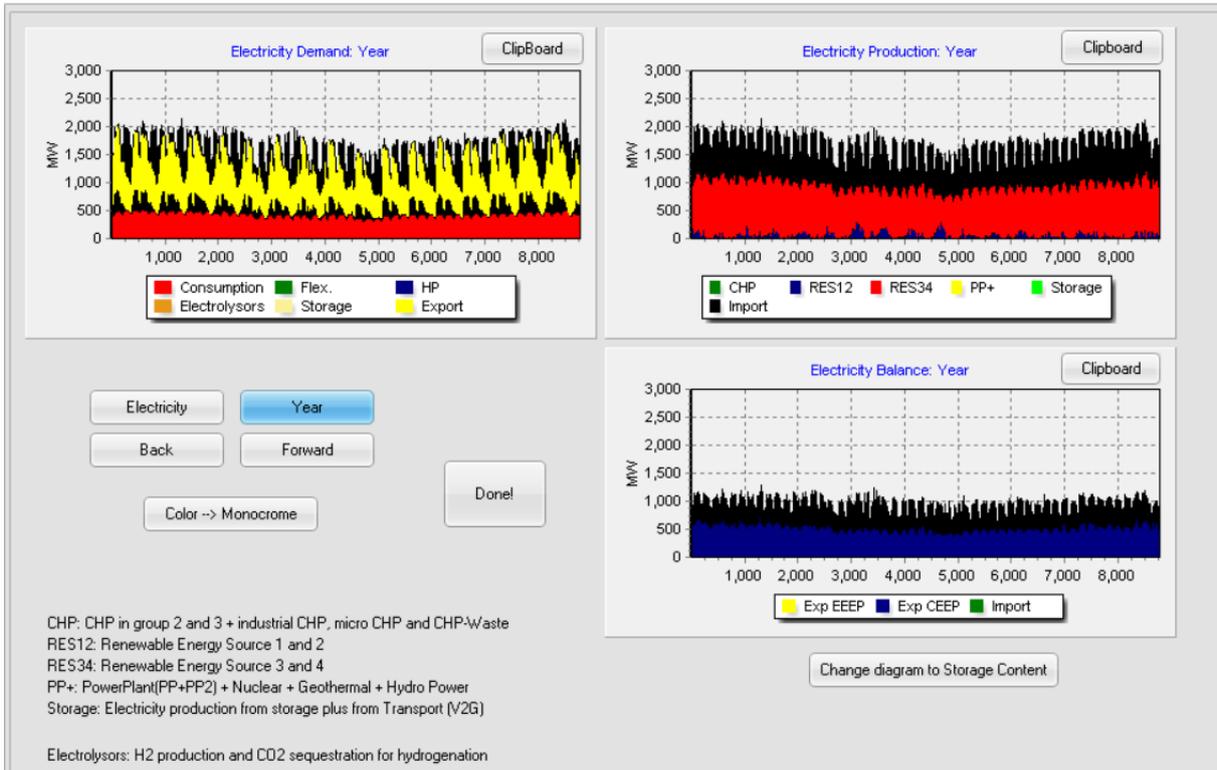


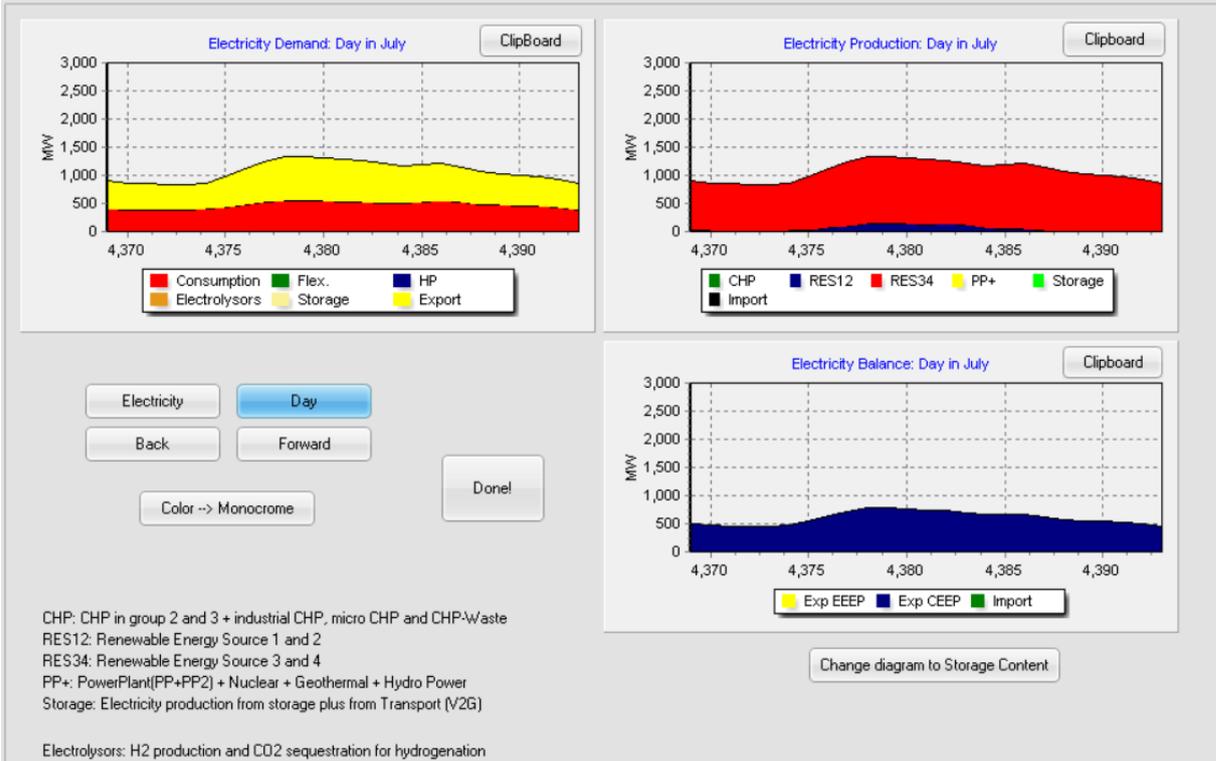
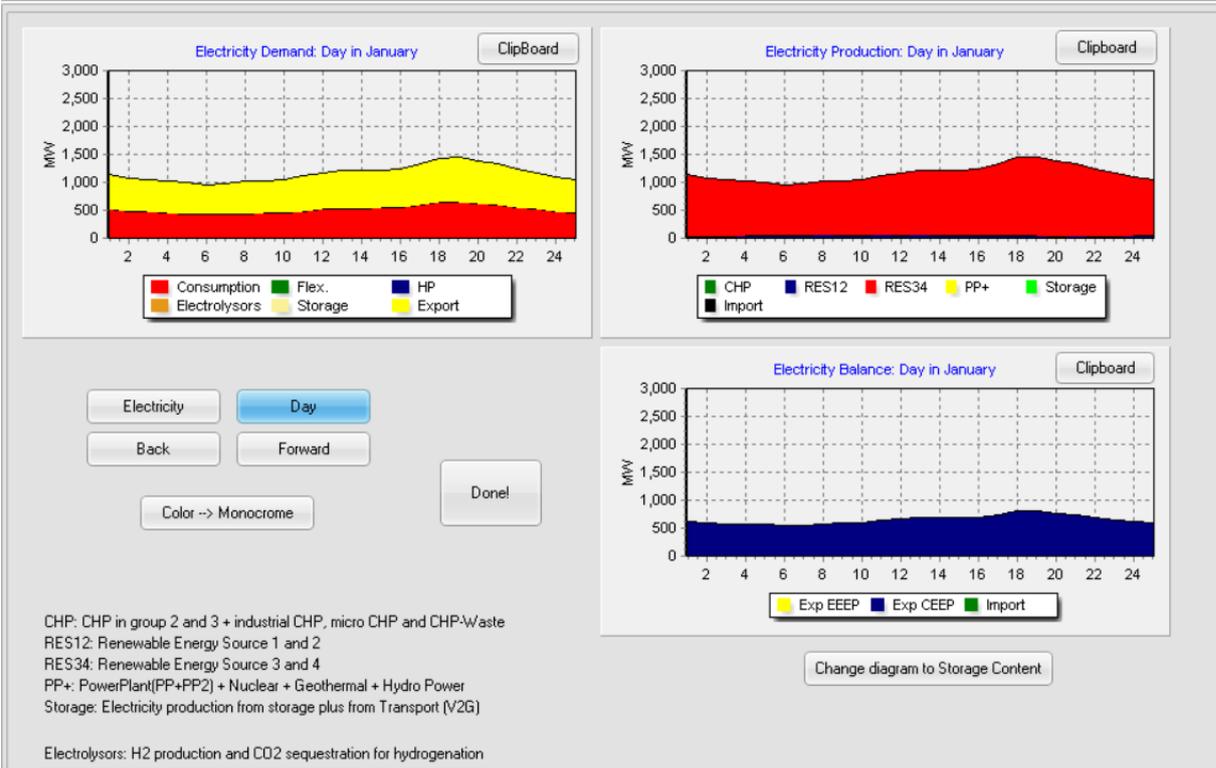


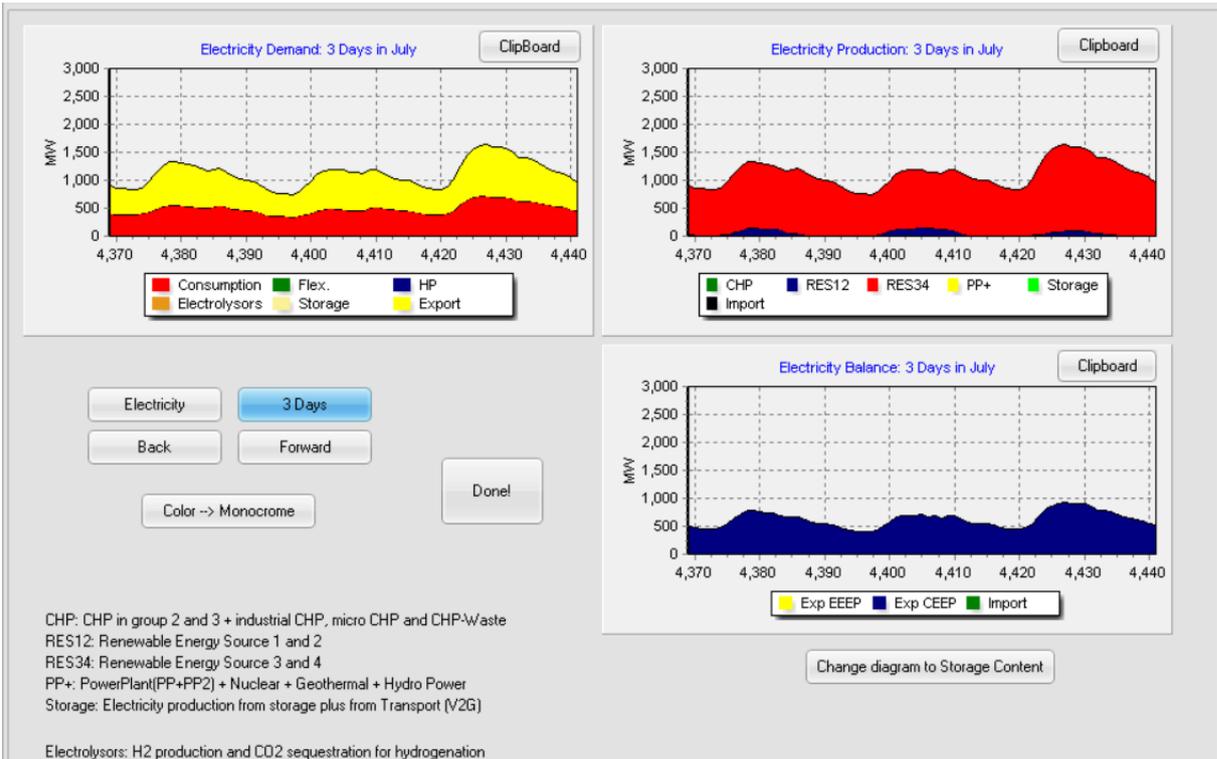
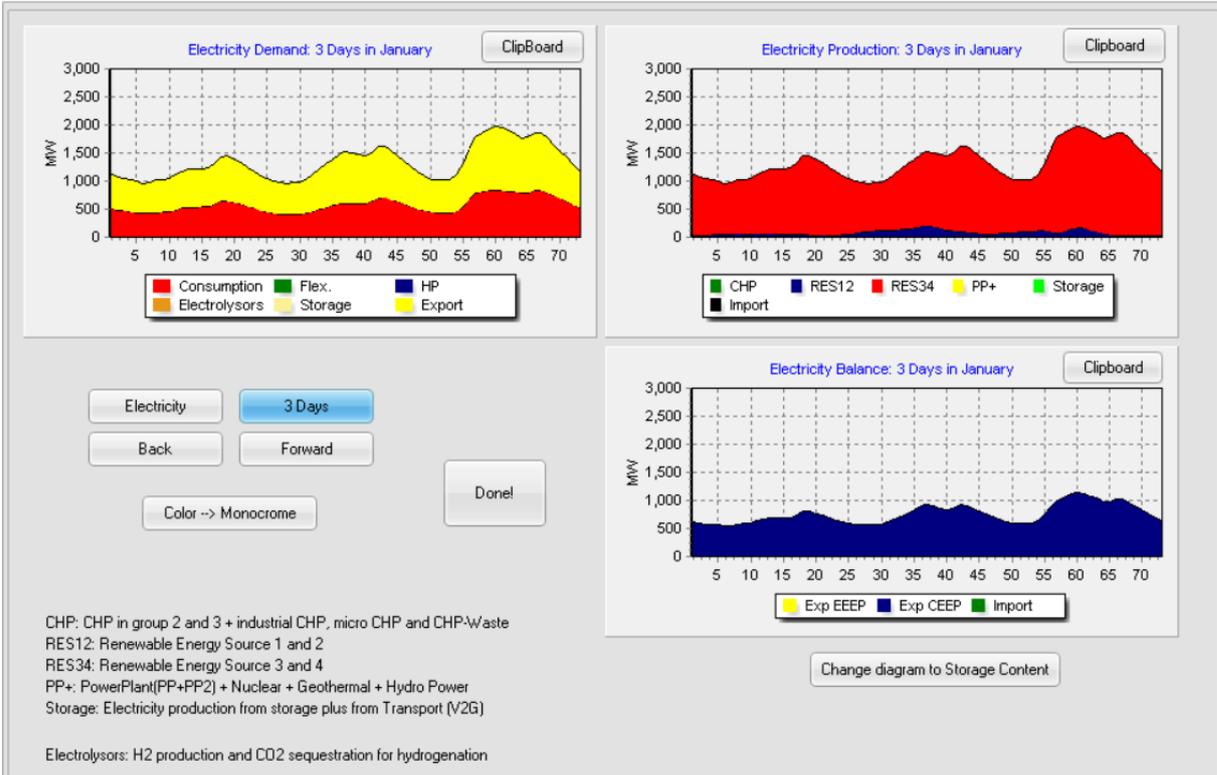


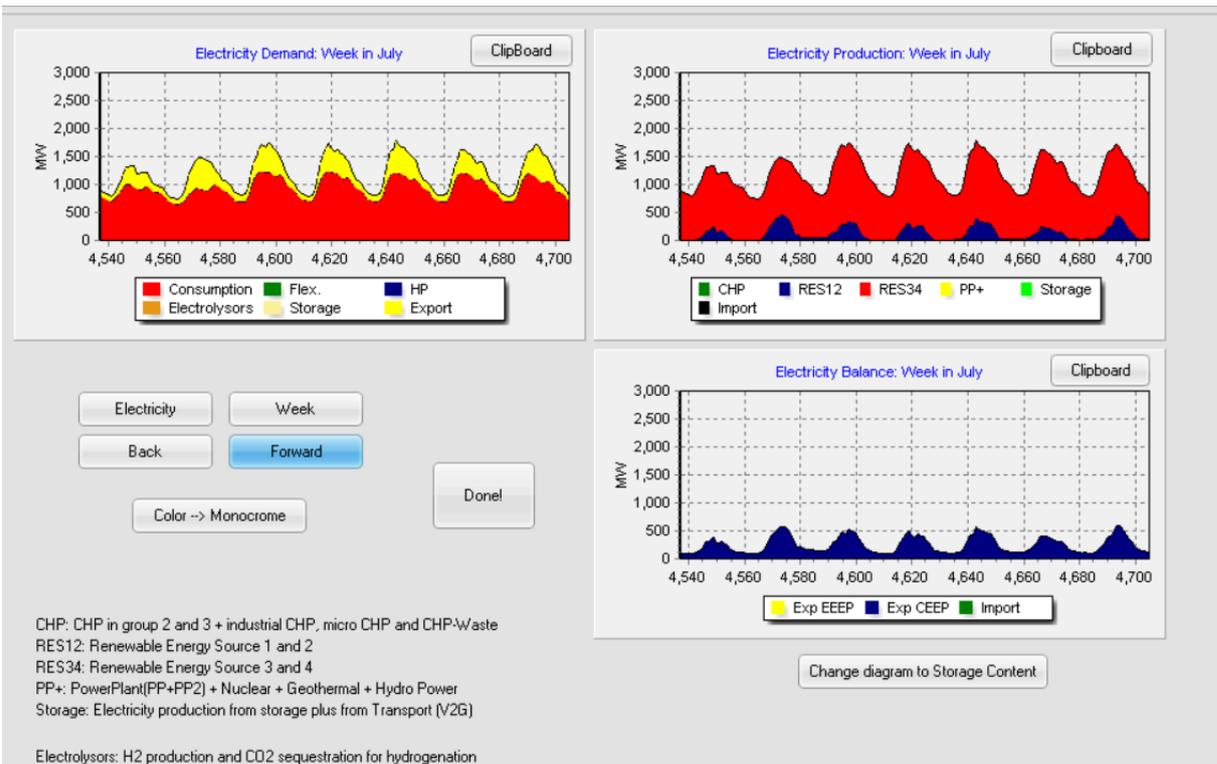
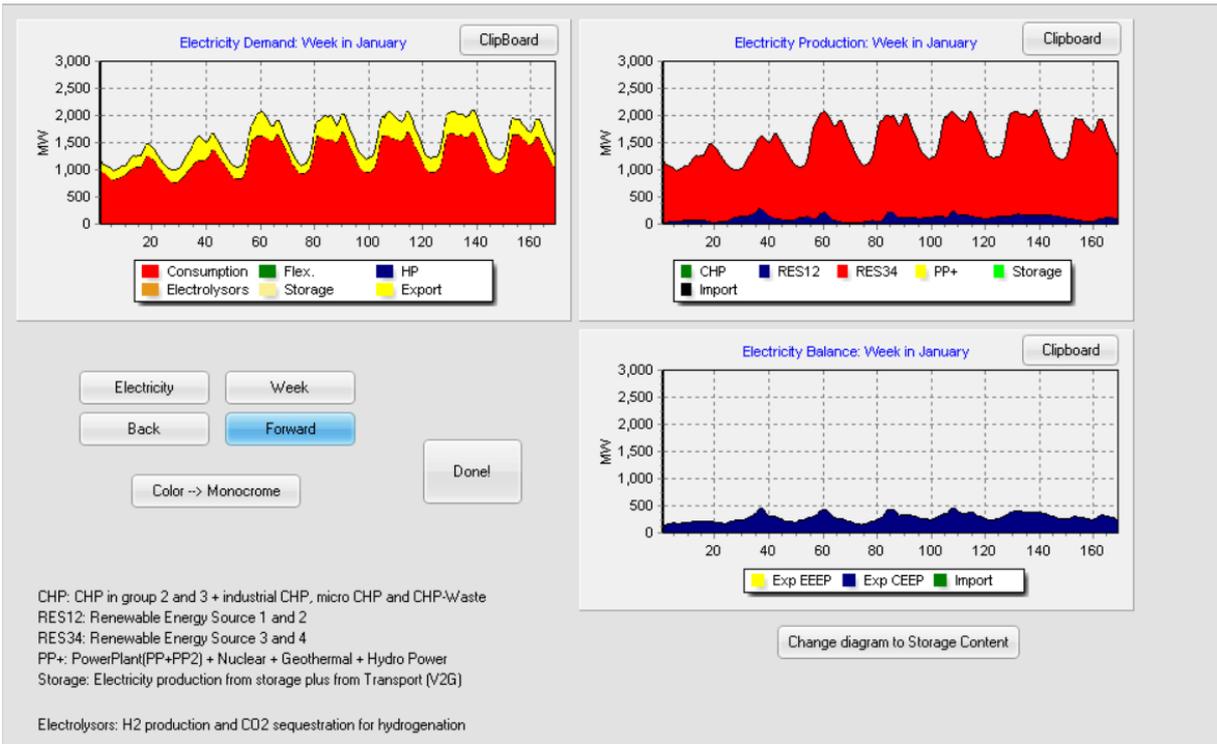


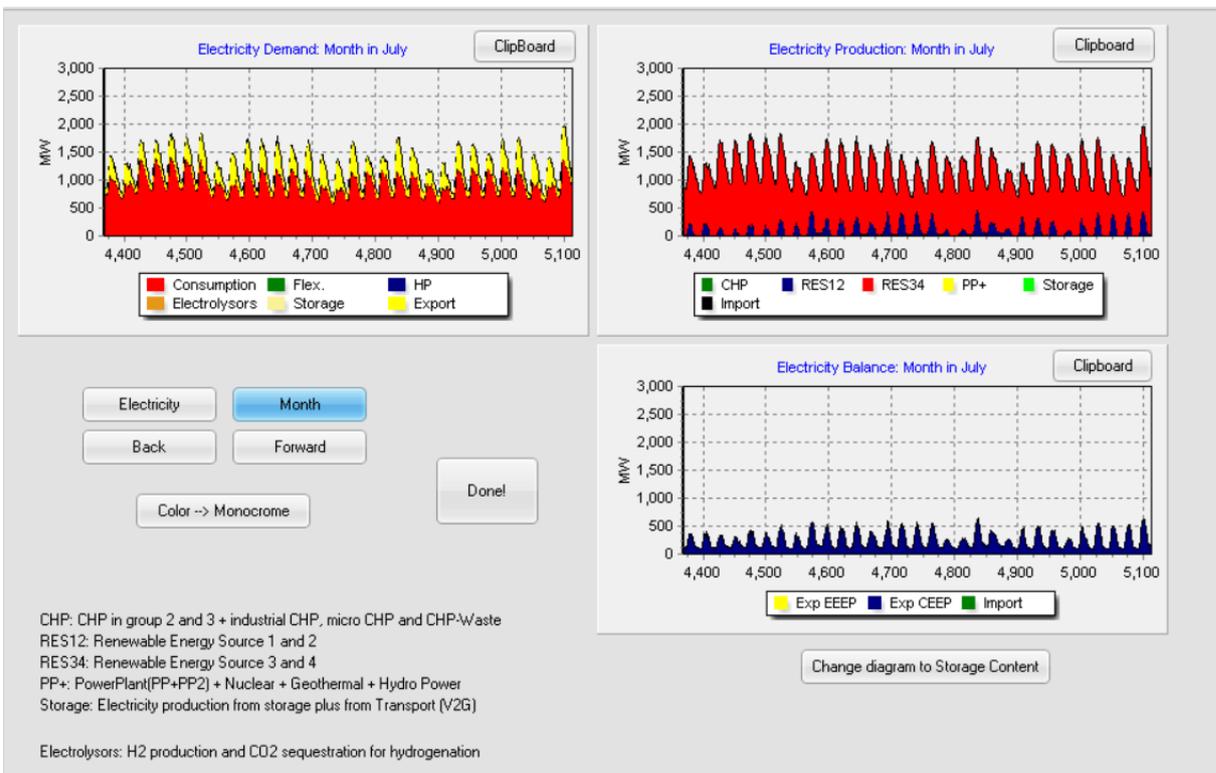
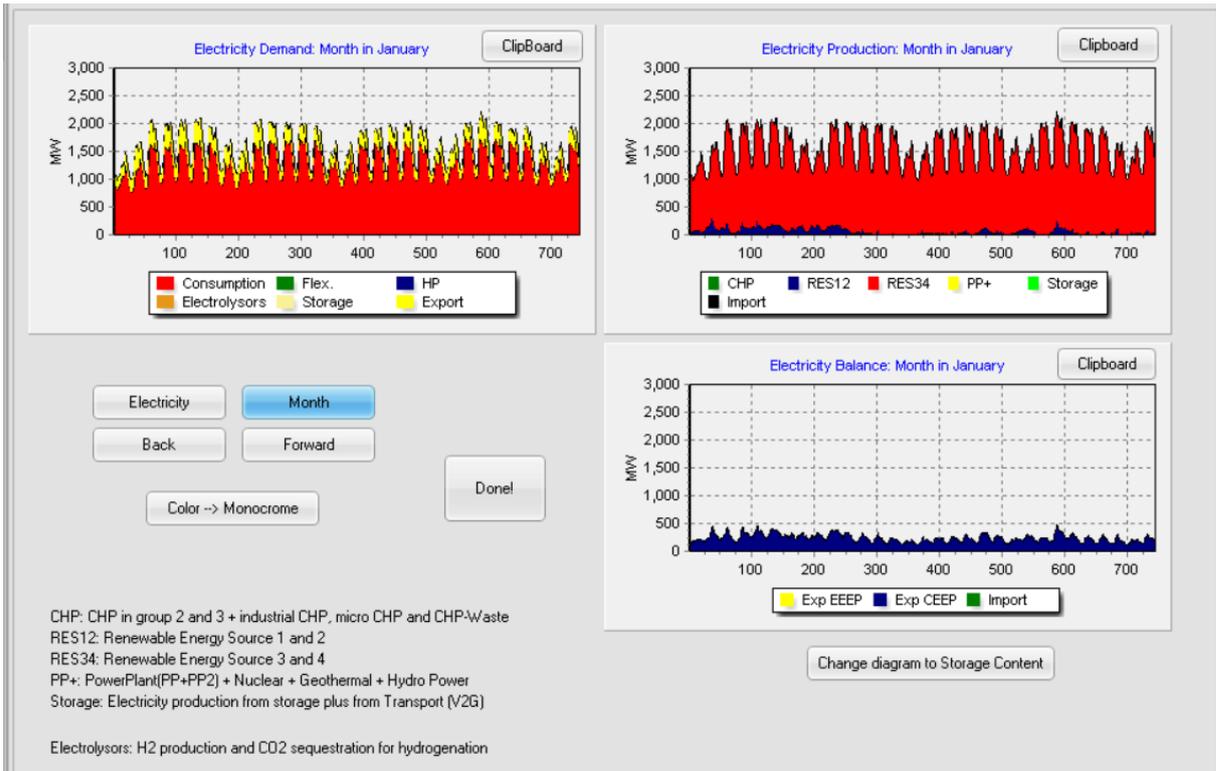


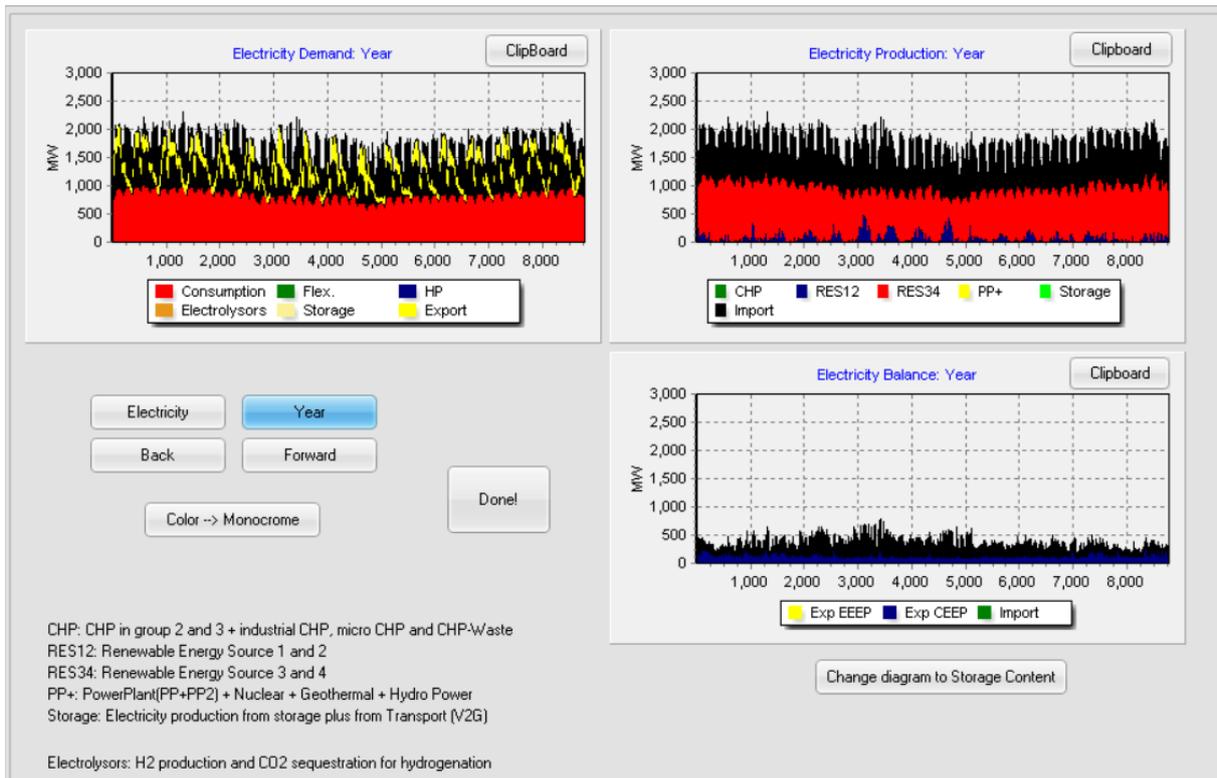


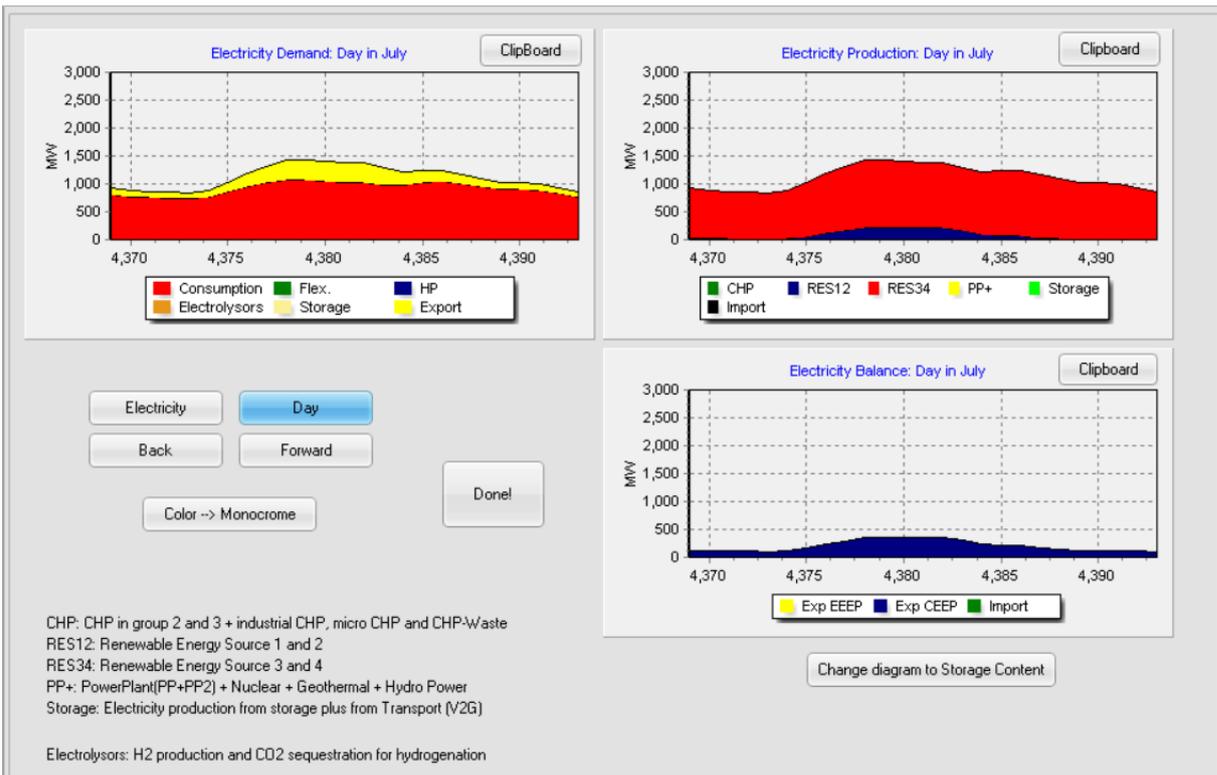
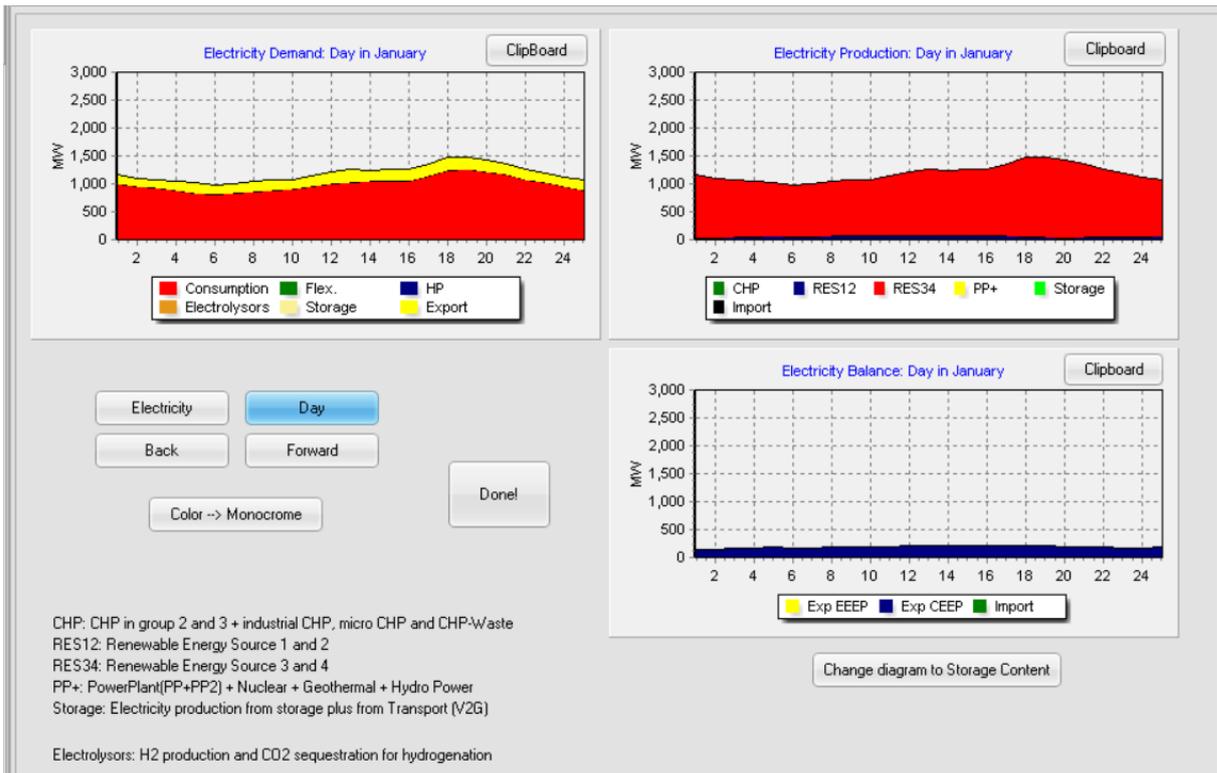


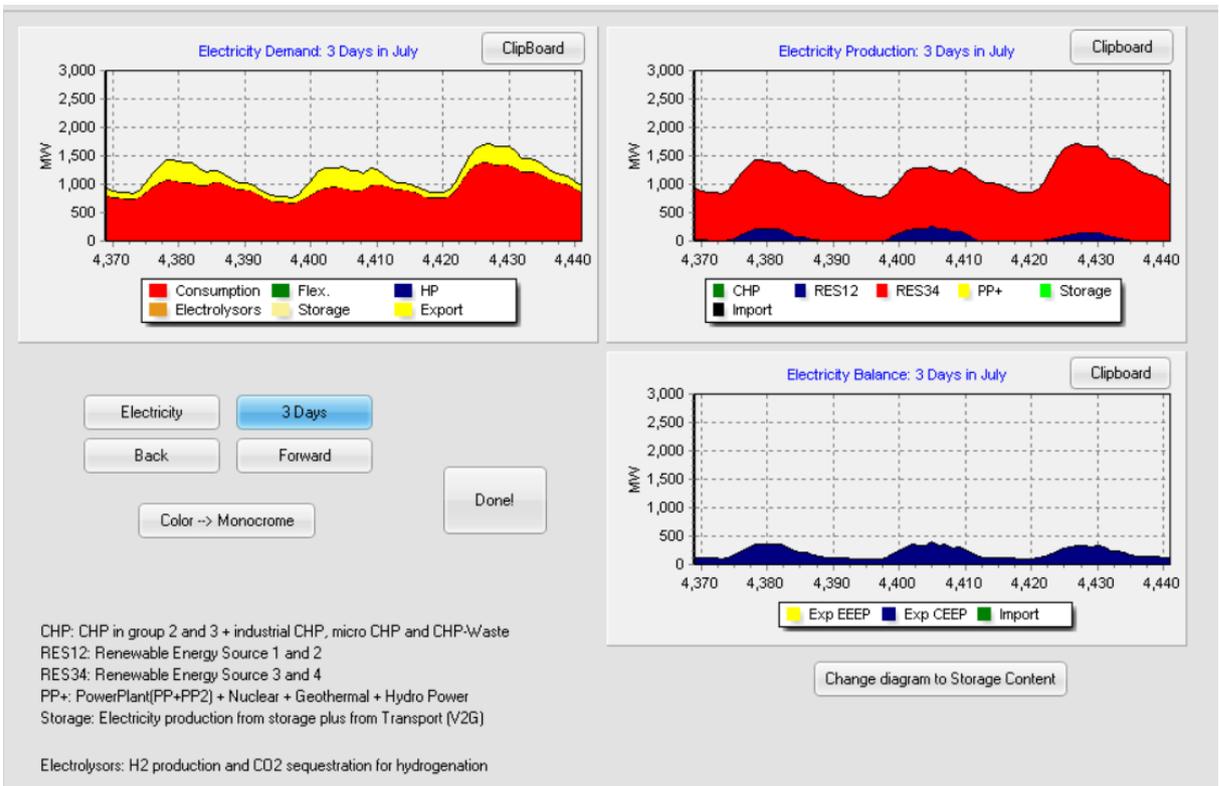
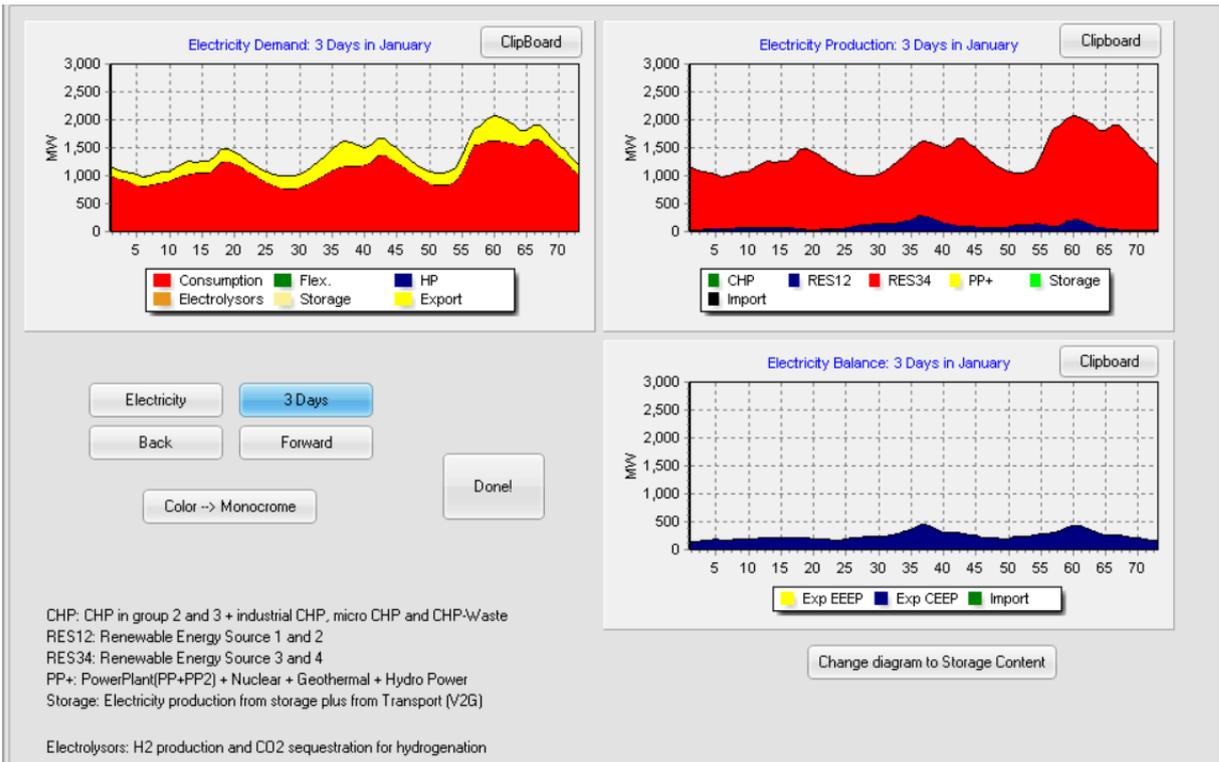












Año 2050







## Anexo 6. Datos Ambientales de las provincias de la región amazónica

FUENTE (ECOLOGICA, 2022 <https://www.ambiente.gob.ec/>)

Te mostramos algunos datos ambientales:





**Provincialización**  
12 de febrero de 1960

Te mostramos algunos datos ambientales:

**673 mil**  
hectáreas  
protegidas



**54%** del territorio provincial se encuentra conservada a través de áreas protegidas al 2019, es decir, más de la mitad de su superficie.



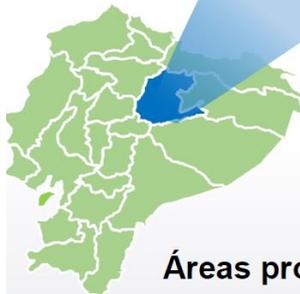
**51 mil m<sup>2</sup>** de áreas protegidas por habitante de Napo al 2019.



**65 mil ha** conservadas de bosque a través de Socio Bosque al 2019.



**58 mil visitantes** en áreas protegidas administradas por la Dirección Provincial de Ambiente al 2019.



### Áreas protegidas:

- 1.- Reserva Ecológica Antisana (120.557 ha)
  - 2.- Parque Nacional Cayambe Coca (181.429 ha)
  - 3.- Reserva Biológica Colonso Chalupas (93.163 ha)
  - 4.- Parque Nacional Cotopaxi (3.090 ha)
  - 5.- Parque Nacional Llanganates (106.680 ha)
  - 6.- Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras (168.545 ha)
- (Datos al 2019)



### 4 Rellenos sanitarios

Quijos, Carlos Julio Arosemena Tola, Archidona y El Chaco.

### 1 Celda emergente

**3 Botaderos** a cielo abierto  
(Datos al 2019)



**3.282 ha/año** deforestadas en el periodo 2016 -2018



**584,81 m<sup>3</sup>**

De productos forestales retenidos al 2019.

### ➤ Sabías que en Napo se encuentra...



#### El Reventador

Volcán activo de la Cordillera Oriental, conocido por sus erupciones violentas y repentinas con gran cantidad de ceniza, piedras incandescentes y lava.



#### Atractivos turísticos

Termas y Lagunas de Papallacta, Puerto Misahualli, Cavernas de Jumandy, Valle Encantado de Cotundo y sus petroglifos, Laguna Azul, Cascada del río Malo, río Jatunyaku,



# MINISTERIO DEL AMBIENTE

## Saluda a Sucumbíos en sus 31 años de provincialización.

Te mostramos algunos datos ambientales:



**Provincialización**  
13 de febrero de 1989



### ÁREAS PROTEGIDAS EN LA PROVINCIA:

- 1.- Cayambe Coca (P.N.) (167.899 ha)
- 2.- Cofán Bermejo (R.E.) (54.947 ha)
- 3.- Cuyabeno (R.P.F.) (454.821 ha)
- 4.- La Bonita (A.E.C) (53.090 ha)
- 5.- Limoncocha (R.B.) (3.171 ha)
- 6.- Sumaco Napo – Galeras (P.N.) (15 ha)



**40,55%** de la provincia se encuentra conservada a través de áreas protegidas al 2019.



**50 mil** visitantes en áreas protegidas administradas por la Dirección Provincial de Ambiente al 2019 (preliminar)



**106 mil m<sup>3</sup>** de productos forestales revisados mediante componentes de control forestal en el 2019.



**305 m<sup>3</sup>** de productos forestales ilegales retenidos en el 2019.



**32 mil m<sup>2</sup>** de áreas protegidas por habitante de Sucumbíos al 2019.



**5 estudios** de cierre técnico de botaderos aprobados.



**128 mil ha** conservadas de bosque a través de Socio Bosque. (Socios Individuales: 8.950 ha / Socios Colectivos: 119.494 ha) en el 2019.



Rellenos Sanitarios: **5**  
Celdas emergentes: **1**  
Botaderos: **2** (Datos al 2018)

### ¿SABÍAS QUÉ?



Por la abundante fauna y flora la Reserva Biológica Limoncocha ha llamado el interés de científicos y de turistas, en 1998, el 100% del área fue declarado Humedal Ramsar.



El río Cuyabeno en su curso medio se desborda y origina un complejo de 14 lagunas, formando el humedal más extenso de la amazonía ecuatoriana.

### ATRATIVOS TURÍSTICOS

En esta provincia puedes disfrutar de todos los atractivos que te brindan las áreas protegidas, además de: Muelle de Limoncocha, Puerto La Flora, Malecón General Farfán, Mirador Bellavista, El Bolsillo y Laguna del Encanto



Cascada La Boa



Muelle de Limoncocha



Comunidad Cofán



Laguna Limoncocha

## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Jonathan Fernando Castro Yupangui portador de la cédula de ciudadanía N.º 1400974463. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Análisis para viabilizar un sistema energético 100% renovable para la Amazonía ecuatoriana al año 2050” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 5 de octubre de 2022

  
F: .....  
Jonathan Fernando Castro Yupangui  
1400974463