



INSTITUTO SUPERIOR  
**UNIVERSITARIO**

**SUPE**

**GUÍA GENERAL DE ESTUDIO**

**DE CENTRALES DE**

**GENERACIÓN Y ENERGÍAS**

**RENOVABLES**



## **Guía General de Estudio de Centrales de Generación y Energías Renovables**

Jorge Guillermo Chango Correa

Victoria Belén Guano Reyes

Darwin Alfredo Godoy Rodríguez

2026

**Esta publicación ha sido sometida a revisión por pares académicos específicos por:**

Luis Fabian Neppas Andrango  
Instituto Superior Tecnológico Central Técnico con condición de Universitario

**Corrección de estilo:**

- Ángel Isaac Simbaña Gallardo- Docente - Sucre

**Diseño y diagramación:**

- Freddy Javier Centeno Martínez - Docente - Sucre

Editorial RIMANA

Primera Edición  
Quito – Ecuador

**INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO SUCRE**

**ISBN: 978-9942-590-15-2**

Esta publicación está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional.





# MISIÓN

**Ser una Institución Superior Universitaria con estándares de calidad académica e innovación, reconocida a nivel nacional con proyección internacional.**

# VISIÓN

**Formamos profesionales competentes con espíritu emprendedor, capaces de contribuir al desarrollo integral del país.**

Los contenidos de este trabajo están sujetos a una licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material citando la fuente, bajo los siguientes términos: Reconocimiento- debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. No Comercial-no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. Compartir igual-Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original. No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual  
4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)**

Usted acepta y acuerda estar obligado por los términos y condiciones de esta Licencia, por lo que, si existe el incumplimiento de algunas de estas condiciones, no se autoriza el uso de ningún contenido.

## Índice de contenido

<b>UNIDAD 1 GENERALIDADES DE CENTRALES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b> .....	<b>8</b>
Condiciones de calidad del producto kWh .....	8
Que es el S.N.I en potencia y energía .....	13
Tipos de centrales eléctricas por energía primaria y demanda .....	17
<b>UNIDAD 2 ENERGÍAS CONVENCIONALES</b> .....	<b>20</b>
Centrales hidráulicas .....	20
Minicentrales Hidráulicas .....	22
Centrales térmicas .....	23
<b>UNIDAD 3 ENERGÍAS ALTERNATIVAS</b> .....	<b>31</b>
Energía Solar .....	31
Mapa Solar .....	35
Energía Eólica .....	39
Energía Geotérmica .....	43
Biomasa .....	49
<b>Bibliografía</b> .....	<b>55</b>

*Presentación de la asignatura*

La asignatura Centrales de Generación y Energías Renovables se imparte en el tercer semestre de la carrera de Electromecánica. Esta materia es obligatoria y tiene como propósito formar profesionales capaces de comprender, analizar y aplicar conocimientos técnicos sobre los sistemas de generación eléctrica, tanto convencionales como renovables, alineados con los principios de sostenibilidad, eficiencia energética y responsabilidad ambiental.

La asignatura se estructura en tres unidades fundamentales, cada una orientada a desarrollar competencias específicas en el ámbito energético nacional e internacional:

La unidad 1 introduce al estudiante en los conceptos básicos del sistema eléctrico ecuatoriano, comenzando por la calidad del producto kWh, sus parámetros y su impacto en los consumidores. Se aborda el Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.), su estructura, funcionamiento y la integración progresiva de fuentes renovables. Además, se estudian los distintos tipos de centrales eléctricas según su fuente primaria y demanda, así como los componentes y configuraciones típicas de subestaciones y cámaras de transformación. Esta base teórico-práctica permite al estudiante contextualizar el marco operativo y técnico del sector energético en el Ecuador.

La siguiente unidad profundiza en las tecnologías de generación tradicionales, con énfasis en las centrales hidráulicas, que constituyen el pilar del sistema eléctrico nacional. Se analizan las principales centrales del país, sus equipos, sistemas auxiliares (refrigeración, control, monitoreo) y su impacto regional. También se exploran las minicentrales hidráulicas, evaluando su viabilidad técnica, ambiental y de sostenibilidad. Finalmente, se estudian las centrales térmicas, sus principios de funcionamiento, tipos y aplicaciones, complementadas con una práctica experimental que refuerza el aprendizaje procedimental.

La última unidad está dedicada a las fuentes no convencionales de energía: solar (fotovoltaica y térmica), eólica, geotérmica y biomasa. Se revisan los recursos disponibles en el Ecuador, los avances tecnológicos y los desafíos para su implementación a gran escala. El cierre de la

asignatura se realiza mediante un proyecto práctico: la elaboración de una minicentral hidráulica a escala, que integra conocimientos teóricos, habilidades técnicas y conciencia ambiental.

A lo largo del curso, se promueve una formación ciudadana basada en la educación ambiental, equidad de género, prevención del consumo de drogas y desarrollo de habilidades blandas, todo ello en coherencia con el perfil de egreso del tecnólogo electromecánico. La metodología combina el aprendizaje basado en proyectos, aula invertida y estudio de casos reales, asegurando una formación integral, crítica y comprometida con el desarrollo sostenible del país.

## UNIDAD 1 GENERALIDADES DE CENTRALES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

### Condiciones de calidad del producto kWh

Las condiciones de calidad del producto Kiloatio-hora (kWh) se refiere a las características técnicas que debe cumplir la energía eléctrica suministrada a los usuarios para garantizar un servicio confiable, seguro y eficiente. Estas condiciones se asocian a parámetros eléctricos fundamentales como el nivel de tensión, el cual debe mantenerse dentro de rangos establecidos respecto a su valor nominal, como se puede observar en la tabla 1; se debe evitar sobrevoltajes y caídas de tensión que puedan afectar el funcionamiento de los equipos eléctricos.

**Tabla 1**

*Condiciones de calidad del producto: Nivel de tensión*

<b>Nivel de suministro</b>	<b>de Tensión nominal</b>	<b>Tensión</b>	<b>Rango de tensión permitido</b>	<b>de Condición de cumplimiento</b>	<b>de Responsable del control</b>
<b>Baja (BT)</b>	<b>tensión</b>	Según diseño del sistema de distribución	Dentro de los límites máximos y mínimos establecidos por la regulación	La tensión debe mantenerse dentro del rango permitido durante la operación normal del servicio	Empresa distribuidora
<b>Media (MT)</b>	<b>tensión</b>	Según nivel de alimentación del alimentador	Dentro de la tolerancia definida	No deben presentarse desviaciones	Empresa distribuidora

---

			respecto a la	prolongadas		
			tensión nominal	fuera del rango		
				admisible		
<b>Alta</b>	<b>tensión</b>	Definida por el	Conforme a los	La tensión debe	Operador	del
<b>(AT)</b>		sistema de	valores	mantenerse	sistema	
		transmisión	normados para	estable para		
			interconexión	garantizar la		
				calidad del		
				suministro		

---

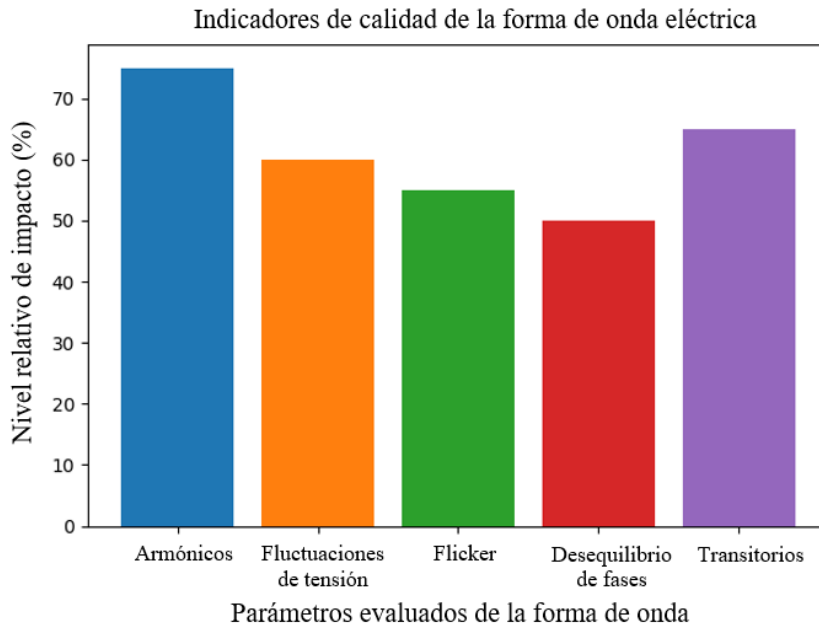
Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020)

Asimismo, se considera la frecuencia del sistema, la cual debe permanecer cercana a su valor nominal, de acuerdo al Sistema Eléctrico Nacional (SNI) de Ecuador es de 60 Hz, ya que desviaciones significativas pueden generar pérdidas de eficiencia y daños en los dispositivos conectados.

Otro aspecto relevante es la calidad de la forma de onda, donde se evalúa la presencia de armónicos, fluctuaciones de tensión, flicker, desequilibrio de fases y transitorios, fenómenos que influyen directamente en el desempeño del suministro eléctrico y en la vida útil de los equipos. En la figura 1, se representa el nivel de impacto en porcentaje de los indicadores de calidad de la forma de onda eléctrica antes mencionados.

**Figura 1**

*Indicadores de calidad de la forma de onda eléctrica asociados a la presencia de armónicos, fluctuaciones de tensión, flicker, desequilibrio de fases y transitorios.*



Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020)

El incumplimiento de estos parámetros puede provocar sobrecalentamientos, pérdidas energéticas y fallas prematuras en los sistemas eléctricos. La responsabilidad del control y cumplimiento de estas condiciones recae en las empresas distribuidoras, las cuales deben implementar mecanismos de monitoreo, control y corrección cuando se superan los límites permitidos, con el fin de asegurar un suministro eléctrico de calidad al usuario final.

#### ***Parámetros de calidad del kWh generado***

Se refiere a cada una de las características técnicas de la energía eléctrica que hacen que el suministro de energía eléctrica sea eficiente, continuo y adecuado para el uso de los equipos eléctricos, conforme a normas técnicas vigentes.

- Nivel de tensión: Se debe mantener dentro de rangos permisibles respecto a su valor nominal, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos. Parámetros que estén fuera de estos límites pueden ocasionar fallas operativas, reducción de la vida útil y daños permanentes en los dispositivos conectados a la red eléctrica

(Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

La calidad de nivel de voltaje en un punto del sistema de distribución se determinará con el siguiente índice:

$$\Delta V_K = \frac{V_K - V_N}{V_N} \times 100 (\%) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

$\Delta V_K$ : Variación de voltaje de suministro respecto al voltaje nominal en el punto k

$V_K$ : Voltaje de suministro en el punto k, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

$V_N$ : Voltaje nominal en el punto k

- Frecuencia: La frecuencia del sistema eléctrico, definido en 60 Hz en Ecuador y en la mayor parte del continente americano, debe mantenerse estable para asegurar la operación adecuada de motores, transformadores y sistemas electrónicos. Variaciones significativas pueden provocar algunos efectos tales como: pérdidas de eficiencia, vibraciones mecánicas y fallas en equipos (Glover, Sarma, & Overbye, 2017).
- Forma de onda: La energía eléctrica suministrada debe presentar una forma sinusoidal. La presencia de armónicos, originados principalmente por cargas no lineales, incrementa las pérdidas eléctricas, provoca sobrecalentamientos y reduce la eficiencia del sistema eléctrico (IEEE, 2019).
- Fluctuaciones de tensión: Son variaciones rápidas del nivel de voltaje que puede afectar el desempeño de los equipos eléctricos y generar molestias en los usuarios, especialmente en sistemas de iluminación. Estas fluctuaciones están directamente asociadas con el fenómeno de parpadeo luminoso o flicker (IEC, 2018).
- Flicker: Es un indicador específico que mide el impacto visual de las fluctuaciones de tensión sobre la iluminación. Su evaluación es esencial para garantizar el confort visual

de los usuarios y el cumplimiento de los estándares de calidad del suministro eléctrico (IEEE, 2019).

- Desequilibrio de fases: Se presenta cuando existen diferencias de tensión o corriente entre las fases de un sistema trifásico. Este fenómeno genera pérdidas adicionales, vibraciones mecánicas y sobrecalentamiento en motores y transformadores, afectando la confiabilidad y eficiencia del sistema eléctrico (IEEE, 2019).
- Transitorios: Son sobretensiones o perturbaciones de muy corta duración causadas por maniobras de conmutación, descargas atmosféricas o fallas en el sistema. Estos eventos pueden dañar equipos electrónicos sensibles y comprometer la integridad del suministro eléctrico (IEEE, 2019).
- Factor de potencia: Representa la relación entre la potencia activa y la potencia aparente. Un factor de potencia bajo indica un uso ineficiente de la energía eléctrica, lo que incrementa las pérdidas en la red y la demanda de potencia reactiva, afectando la operación del sistema eléctrico (Glover, Sarma, & Overbye, 2017).

### ***Impacto de la calidad del kWh en los sistemas de consumo***

El impacto en la calidad del kWh, se considera un factor determinante para el desempeño, la confiabilidad y la vida útil de los equipos eléctricos y electrónicos. Un suministro eléctrico que no cumple con los parámetros de calidad establecidos puede generar pérdidas económicas, fallas operativas y riesgos para la seguridad de las instalaciones.

Las variaciones del nivel de tensión, tanto por sobrevoltajes como por caídas de tensión, afectan directamente el funcionamiento de los dispositivos eléctricos. Equipos como motores eléctricos, sistemas de iluminación y aparatos electrónicos pueden experimentar sobrecalentamientos, disminución de eficiencia o fallas prematuras cuando operan fuera de los límites tensión establecidos.

La distorsión de la forma de onda, principalmente debido a la presencia de armónicos generados por cargas no lineales<sup>1</sup>, incrementa las pérdidas en conductores y transformadores, reduce la eficiencia energética y puede causar interferencias electromagnéticas. Asimismo, las fluctuaciones de tensión y el fenómeno de flicker afectan el confort visual de los usuarios y el correcto desempeño de los sistemas de iluminación, especialmente en entornos residenciales e industriales.

El desequilibrio de fases en sistemas trifásicos produce corrientes no uniformes que ocasionan sobrecalentamiento y desgaste acelerado en motores eléctricos, reduciendo su vida útil. Por otra parte, los transitorios eléctricos, originados por maniobras de conmutación o descargas atmosféricas, representan una de las principales causas de daño en equipos electrónicos sensibles, como sistemas de control, medición y automatización.

Finalmente, un bajo factor de potencia<sup>2</sup> refleja un uso ineficiente de la energía eléctrica, incrementando las pérdidas en la red y los costos de operación para los usuarios. En conjunto, estos fenómenos dan a notar que el control y monitoreo de la calidad del kWh es esencial para garantizar la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad de los sistemas de consumo eléctrico (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

### **Que es el S.N.I en potencia y energía**

En el Ecuador, el Sistema Nacional Interconectado (SNI) es el conjunto integrado de centrales de generación eléctrica, redes de transmisión, subtransmisión, distribución, así como los sistemas de control, protección y operación, que funcionan de manera coordinada para garantizar el suministro continuo, seguro y de calidad de potencia y energía eléctrica a los usuarios del país.

El SNI es operado de forma centralizada y coordinada para asegurar el equilibrio permanente entre la oferta y la demanda eléctrica, de manera que se cumpla con los criterios técnicos y

---

<sup>1</sup> Las cargas no lineales son aquellos dispositivos o sistemas eléctricos cuya corriente consumida no es proporcional ni sigue la misma forma de onda que la tensión aplicada, aun cuando esta sea sinusoidal.

<sup>2</sup> Es un indicador que expresa la eficiencia con la que la energía eléctrica es utilizada en un sistema eléctrico

regulatorios establecidos por el organismo de control nacional (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

En general al conjunto de líneas de transmisión y subestaciones o barras que operan a nivel de 230kV y 138kV se les denomina el Sistema Nacional de Transmisión, mientras que al conjunto de líneas de transmisión y subestaciones o barras que operan bajo 138kV y sobre el nivel de 40kV se les denomina Sistema Nacional de Subtransmisión.

El conjunto del Sistema Nacional de Transmisión (y subtransmisión), con el Sistema Nacional de Generación, constituyen el Sistema Nacional Interconectado, y el mismo fue proyectado e implementado por el INECEL.

Desde el punto de vista de la potencia eléctrica, el SNI tiene como objetivo garantizar que el sistema disponga, en todo momento, la potencia necesaria en Megavatios (MW) para abastecer la demanda nacional. Esto considera las siguientes pautas:

- Mantener el equilibrio instantáneo entre la potencia generada y la potencia demandada.
- Preservar la estabilidad del sistema, especialmente en términos de frecuencia y niveles de tensión.
- Contar con reservas de potencia operativa para enfrentar contingencias, fallas de generación o variaciones bruscas de carga.
- Coordinar la operación de las centrales hidroeléctricas, térmicas y renovables, así como las interconexiones internacionales.

Desde el punto de vista de la energía eléctrica, el SNI administra la energía producida y consumida medida en kWh, MWh o GWh. Por lo que se encarga de:

- Planificar la producción energética nacional según la disponibilidad de recursos hídricos, combustibles y fuentes renovables.
- Optimizar el despacho de energía con criterios técnicos, económicos y de seguridad.
- Garantizar el abastecimiento energético a corto, mediano y largo plazo.
- Evaluar el balance energético nacional y las pérdidas técnicas del sistema.

La energía está asociada al consumo acumulado, mientras que la potencia se relaciona con la capacidad instantánea del sistema eléctrico.

En el siguiente enlace se presenta el diagrama unifilar correspondiente al SNI, para una mejor comprensión.

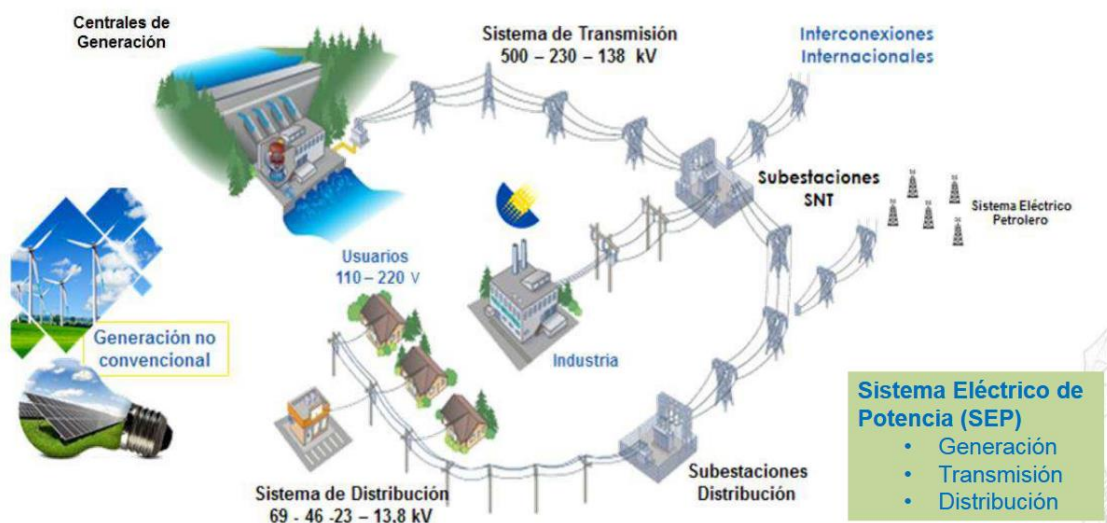
[https://drive.google.com/file/d/1O3PO2yth2CPKKxCrKI0h7\\_8zPIzmnBow/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1O3PO2yth2CPKKxCrKI0h7_8zPIzmnBow/view?usp=drive_link)

### ***Estructura y funcionamiento del Sistema Nacional Interconectado***

El (SNI) del Ecuador está constituido por el conjunto de infraestructuras eléctricas que permiten la generación, transporte, distribución y uso de la energía eléctrica de manera integrada y coordinada a nivel nacional, como se describe en la figura 2.

**Figura 2**

*Proceso de suministro de energía eléctrica*



Fuente: Tomado de (CENACE, 2019).

Su estructura se organiza en los siguientes componentes principales:

- Generación eléctrica: Comprende las centrales encargadas de producir energía eléctrica a partir de diferentes fuentes primarias. En el Ecuador, la matriz de generación está conformada principalmente por centrales hidroeléctricas, complementadas por centrales

térmicas y fuentes renovables no convencionales, las cuales aportan potencia y energía al sistema según la planificación operativa.

- Sistema de transmisión: Está conformado por líneas de transmisión y subestaciones de alta tensión, cuya función es transportar grandes bloques de energía eléctrica desde los centros de generación hasta los principales centros de consumo, garantizando la interconexión entre las distintas regiones del país.
- Sistema de subtransmisión: Actúa como un nivel intermedio entre la transmisión y la distribución, permitiendo el transporte de la energía hacia zonas urbanas e industriales, con una reducción progresiva de los niveles de tensión.
- Sistema de distribución: Incluye las redes de media y baja tensión que suministran la energía eléctrica directamente a los usuarios finales, tales como sectores residenciales, comerciales e industriales.

### ***Integración de energías renovables en el S.N.I***

La integración de energías renovables en el (SNI) del Ecuador constituye un eje estratégico para fortalecer la seguridad energética con el propósito de reducir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar los impactos ambientales asociados a la generación eléctrica. El país dispone de un alto potencial de recursos renovables, principalmente hidroeléctrico, así como fuentes de energía solar, eólica y biomasa, que han sido incorporadas gradualmente a la matriz energética nacional.

En el contexto del (SIN), las centrales hidroeléctricas representan la principal fuente de generación renovable y aportan tanto potencia como energía, contribuyendo a la regulación de la frecuencia y al balance operativo. Complementariamente, las energías renovables no convencionales, como la generación eólica y solar fotovoltaica, se integran a través de esquemas de interconexión que cumplen con los requisitos técnicos de conexión, control y protección establecidos por la normativa vigente.

La incorporación de fuentes renovables establece desafíos operativos para el (SIN), tales como la variabilidad e intermitencia de la generación, la necesidad de mayor flexibilidad operativa y el fortalecimiento de los sistemas de control y despacho. Para enfrentar estos desafíos, el operador nacional implementa estrategias como la planificación del despacho energético, el uso de reservas operativas, la complementariedad entre fuentes de generación y el fortalecimiento de la infraestructura de transmisión.

Asimismo, la integración de energías renovables requiere el cumplimiento de parámetros de calidad de la energía eléctrica, asegurando niveles adecuados de tensión, frecuencia y forma de onda, con el fin de preservar la estabilidad y confiabilidad del (SIN). La normativa técnica nacional establece los lineamientos para la conexión de estas fuentes, garantizando su compatibilidad con el sistema eléctrico existente.

En conjunto, la integración de energías renovables en el (SIN) del Ecuador contribuye al desarrollo de un sistema eléctrico más sostenible y eficiente, alineado con los objetivos de política energética nacional y los compromisos internacionales de reducción de emisiones (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

### **Tipos de centrales eléctricas por energía primaria y demanda**

Las centrales eléctricas se clasifican de acuerdo con el tipo de energía primaria que utilizan para la generación de energía eléctrica y según el rol operativo que cumplen frente a la demanda del sistema eléctrico. Esta clasificación es fundamental para la planificación, operación y despacho de la energía eléctrica.

En este contexto, se tienen los siguientes tipos de centrales:

- Centrales hidroeléctricas: Utilizan la energía potencial y cinética del agua para accionar turbinas hidráulicas acopladas a generadores eléctricos. Constituyen una de las principales fuentes de generación renovable.

- Centrales térmicas: Transforman la energía química de combustibles fósiles en energía eléctrica mediante procesos de combustión. Se emplean generalmente como centrales de respaldo, debido a su flexibilidad operativa y rapidez de arranque.
- Centrales eólicas: Aprovechan la energía cinética del viento para generar electricidad a través de aerogeneradores. Su producción depende de la disponibilidad del recurso eólico, por lo que su generación es intermitente y variable.
- Centrales solares: Convierten la radiación solar en energía eléctrica, mediante sistemas fotovoltaicos. Al igual que la eólica, su producción está sujeta a condiciones ambientales y presenta variabilidad temporal.
- Centrales de biomasa: Utilizan la energía química contenida en residuos orgánicos para la generación eléctrica. Pueden operar de forma continua y contribuir a la gestión sostenible de residuos.

#### ***Clasificación según la demanda del sistema***

- Centrales de base: Son aquellas que operan de manera continua para cubrir la demanda mínima permanente del sistema eléctrico. Generalmente presentan bajos costos variables y alta disponibilidad. Ejemplos comunes incluyen grandes centrales hidroeléctricas y algunas centrales térmicas de alta eficiencia.
- Centrales intermedias: Atienden las variaciones normales de la demanda durante el día. Su operación es flexible y complementa a las centrales de base. Incluyen centrales hidroeléctricas regulables y centrales térmicas
- Centrales de punta: Se utilizan para cubrir los picos de demanda durante períodos cortos. Se caracterizan por su rápido arranque y parada, aunque presentan mayores costos de operación. Usualmente corresponden a centrales térmicas o hidroeléctricas de regulación rápida.

#### ***Centrales hidroeléctricas***

La energía hidráulica se aprovecha de cierta parte del río y depende de dos factores: el caudal y la caída. Las caídas se distribuyen a lo largo del río en cuanto a los caudales se puede decir que son variables. Para utilizar el recurso hidráulico en el río, hay que tomar ciertas consideraciones técnicas para reunir las caídas, formando caídas aprovechables y controlar y ajustar el caudal natural para poder generar electricidad por la energía del flujo de agua.

### ***Turbina hidráulica***

Según la forma de conversión de la energía hidráulica por el rodete, las turbinas hidráulicas se clasifican en dos tipos: reacción e impulso.

- Turbina hidráulica tipo reacción: Funciona por la energía de la presión y la energía cinética. Cuando el agua corre por este tipo de turbina, llena todo el canal del rodete y los cangilones del rodete son impulsados por esta fuerza de flujo. Esta fuerza se genera porque combinan las energías de presión y cinética. Principalmente son energías mecánicas de turbina hidráulica obtenidas mediante conversión de energía de presión.
- Turbina hidráulica tipo impulso: Este tipo de turbina se opera por el impacto fuerte de flujo rápido al rodete. El agua de la represa y estanque de carga pasa por una tubería de conducción y entra al tubo de entrada de turbina y después pasa por un inyector, se forma un chorro de alta velocidad, hacia los cangilones del rodete, así la energía de flujo (la caída) hace girar la turbina. La tabla 2 contiene una descripción breve de la clasificación de los tipos de turbina.

**Tabla 2**

*Clasificación de tipos de turbina*

<b>Tipo</b>	<b>Turbina</b>	<b>Altura de caída</b>	<b>Caudal</b>
<b>Acción</b>	Pelton	Alta	Bajo
<b>Impulso</b>	Francis	Media	Medio
<b>Impulso</b>	Kaplan	Baja	Alto

Fuente: Elaboración propia.

## UNIDAD 2 ENERGÍAS CONVENCIONALES

### Centrales hidráulicas

En el Ecuador, la generación hidroeléctrica constituye uno de los pilares fundamentales del sistema eléctrico nacional, aprovechando la riqueza hídrica de sus cuencas andinas y amazónicas. Estas instalaciones transforman la energía cinética y potencial del agua en electricidad mediante turbinas y generadores, operando bajo esquemas de embalse o pasada, según el diseño. Entre las obras más destacadas figuran Coca Codo Sinclair, ubicada en Napo, que aporta cerca del 30 % del consumo nacional; y la central de Sopladora, en Azuay, clave para la estabilidad energética del sur del país. Además de su aporte al suministro eléctrico, estas centrales han impulsado el desarrollo local mediante empleo, infraestructura vial y servicios públicos, aunque también han generado debates sobre sus efectos ambientales y sociales. Tecnológicamente, el país ha incorporado equipos modernos, como turbinas tipo Pelton y Francis, sistemas de control automatizados y protocolos de monitoreo ambiental, buscando equilibrar eficiencia energética con sostenibilidad ecológica.

La tabla 3 muestra las características de las principales centrales hidráulicas del Ecuador, además de la ubicación geográfica de las mismas. (CELEC, 2025)

**Tabla 3**

*Principales Centrales Hidráulicas del Ecuador*

Nombre de la Central	Tipo de Central	Ubicación (Provincia)	Potencia Instalada (MW)	Número de Turbinas	Tipo de Turbina
<b>Coca Codo Sinclair</b>	Pasada con embalse regulado	Napo / Sucumbíos	1500	8	Pelton
<b>Paute - Molino</b>	Embalse	Azuay	1100	10	Pelton
<b>Paute - Mazar</b>	Embalse	Cañar / Azuay	170	3	Pelton
<b>Minas San Francisco</b>	Embalse	Cañar / Azuay	270	3	Pelton
<b>Paute Sopladora</b>	Pasada con embalse	Azuay	487	2	Pelton
<b>Manduriacu</b>	Embalse	Pichincha / Imbabura	65	2	Kaplan
<b>Agoyán</b>	Derivación	Tungurahua	156	2	Francis

<b>San Francisco</b>	Pasada	Tungurahua	230	2	Francis
<b>Pucará</b>	Embalse	Tungurahua	73	2	Pelton
<b>Delsitanisagua</b>	Pasada	Zamora	180	3	Pelton
<b>Marcel Laniado y Daule Peripa</b>	Embalse	Guayas	213	3	Francis
<b>Toachi Pilatón</b>	Embalse	Santo Domingo de los Tsáchilas / Cotopaxi / Pichincha	254	6	Francis

La generación hidroeléctrica representa el 85% de la generación total de energía del Ecuador, la figura 3 indica la producción energética para un día específico. (SINOHYDRO)

**Figura 3**

*Información operativa diaria*



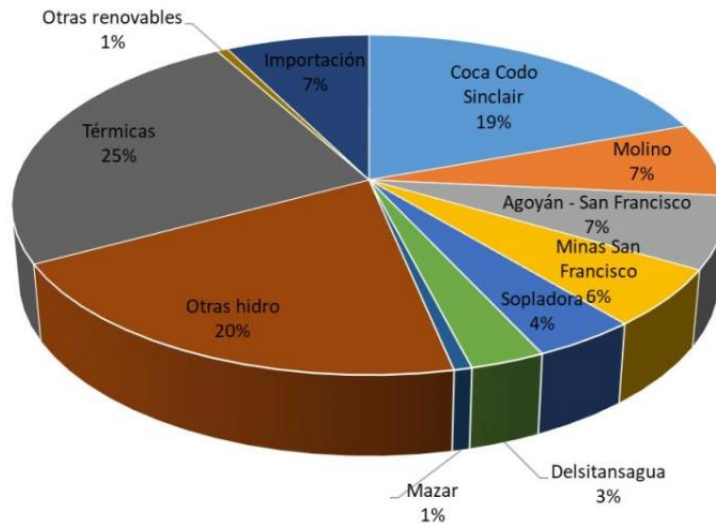
En 2024, una severa sequía afectó la generación hidroeléctrica, causando apagones de hasta 14 horas. Esta crisis no solo se debe a la falta de agua, sino a la falta de inversión en fuentes alternativas de energía y la falta de mantenimiento del Parque Térmico, que permitiría suplir la energía cuando hay falta del líquido vital.

Al ser la hidroelectricidad la principal fuente de energía del país es necesario cuidar las centrales hidroeléctricas para garantizar su buen funcionamiento por varios años. El Ecuador es un país privilegiado en recursos naturales, la construcción de más fuentes de energía y el ahorro de la misma, garantizará un futuro más sustentable.

La figura 4, muestra la participación de diferentes tipos de energía en la generación total del país. (SINOHYDRO)

**Figura 4**

*Participación de la generación en enero 2025*

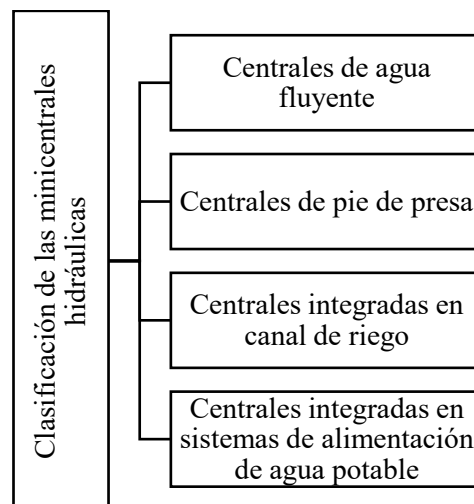


### Minicentrales Hidráulicas

La denominación de minicentral se debe a la potencia instalada, si la capacidad es igual o inferior a 10 MW se considera como una minicentral. En la figura 5 se observa la clasificación de las minicentrales en función de su forma de instalación. (Carta González José Antonio, 2009)

**Figura 5**

*Clasificación de minicentrales*



De acuerdo a la definición de minicentrales en la tabla 4 se detalla las principales que existen en el Ecuador. (Ministerio Energía, 2024)

**Tabla 4**

*Principales minicentrales del Ecuador*

Minicentral	Potencia MW	Provincia
San José de Minas	5,95	Pichincha
Río Verde Chico	10,2	Tungurahua
El Laurel	1	Carchi
Chalpi	8,1	Napo
Ulba	1	Tunguragua
Huayquichuma	6,5	El Oro

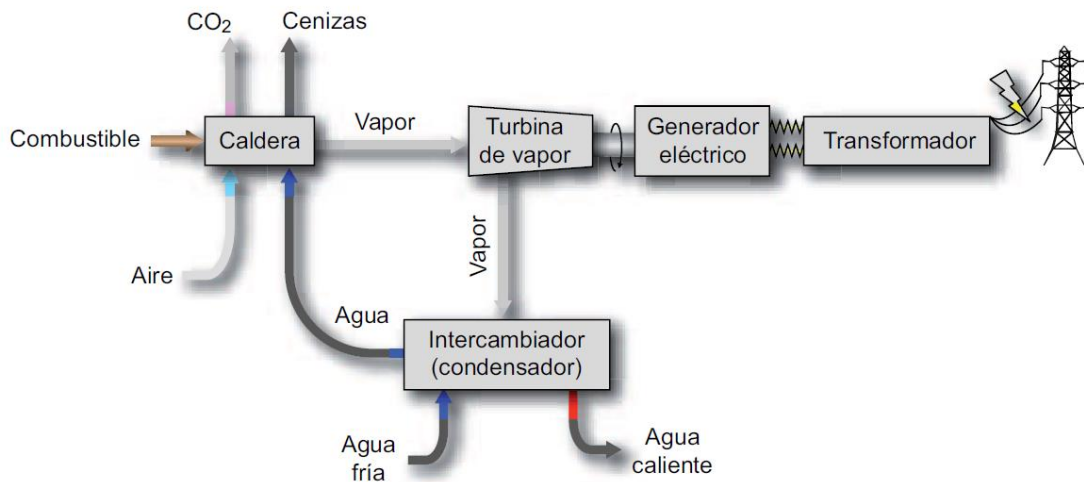
### Centrales térmicas

En el Ecuador, las centrales térmicas cumplen un rol complementario en la matriz energética nacional, activándose principalmente cuando la generación hidroeléctrica que es la principal fuente del país, se ve limitada por sequías o mantenimientos programados. Estas plantas producen electricidad mediante la quema controlada de combustibles fósiles, como diésel, fuel oil o gas natural, cuyo calor transforma agua en vapor a alta presión; este vapor impulsa turbinas conectadas a generadores que, finalmente, producen corriente eléctrica. Existen distintos tipos de centrales térmicas: las de ciclo simple (más rápidas de arrancar, pero menos eficientes) y las de ciclo combinado (más eficientes, ya que aprovechan los gases calientes de escape para generar vapor adicional). Hasta 2025, el país opera varias plantas térmicas estratégicamente ubicadas en zonas costeras y amazónicas, como en Esmeraldas, Guayas y Orellana. La tecnología predominante incluye turbinas de gas y motores de combustión interna de marcas reconocidas como General Electric, Wärtsilä y MAN Energy Solutions, equipadas con sistemas de control digital y monitoreo ambiental para reducir emisiones y optimizar el consumo de combustible.

La figura 6 muestra los componentes esenciales de una central térmica. (Carta González José Antonio, 2009)

**Figura 6**

*Componentes esenciales de una central térmica*



La siguiente tabla muestra un listado actualizado de las centrales térmicas que están funcionando en el país, en el listado constan centrales que no están integradas al S.N.I, además indica de manera descendente la potencia efectiva de generación que aporta cada central. (Ministerio Energía, 2024)

**Tabla 5**

*Listado de centrales térmicas ordenadas por su potencia efectiva.*

EMPRESA	CENTRAL	PROVINCIA	SISTEMA	TIPO DE CENTRAL	SUBTIPO DE CENTRAL	POTENCIA NOMINAL MW	POTENCIA EFECTIVA MW
CELEC-Electroquayas	Gonzalo Zevallos(Vapor)	Guayas	S.N.I.	Térmica	Turbovapor	146,00	140,00
CELEC-Electroquayas	Trinitaria	Guayas	S.N.I.	Térmica	Turbovapor	133,00	133,00
CELEC-Termoqas Ilachala	Termoqas Ilachala I	El Oro	S.N.I.	Térmica	Turboqás	138,56	130,60
CELEC-Termomanabí	Jaramijó	Flanabi	S.N.I.	Térmica	MCI	149,22	128,88
CELEC-Termoesmeraldas	Esmeraldas I	Esmeraldas	S.N.I.	Térmica	Turbovapor	152,50	125,00
CELEC-Termoqas Ilachala	Termoqas Ilachala II	El Oro	S.N.I.	Térmica	Turboqás	156,80	119,00
Intervisa Trade	Victoria II	Guayas	S.N.I.	Térmica	Turboqás	115,00	102,00

CNEL-Guayaquil	Anibal Santos (Gas)	Guayas	S.N.I.	Térmica	Tur#oqás	115,27	97,00
CELEC-Electroquayas	Enrique Garcia	Ouayas	S.N.I.	Térmica	Tur#oqás	102,00	96,00
CELEC-Termoemeraldas	Esmeraldas II	Esmeraldas	S.N.I.	Térmica	MCI	100,20	84,00
Petroecuador	EPF-Eden Yuturi	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	114,22	81,19
Andes Petro	TPP	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	75,85	65,40
CELEC-Electroquayas	Santa Elena II	Santa Elena	S.N.I.	Térmica	MCI	90,10	65,03
CNEL-Guayaquil	Alvaro Tinajero	Guayas	S.N.I.	Térmica	Turboqás	94,80	64,00
CELEC-Termopichincha	Santa Rosa	Pichincha	S.N.I.	Térmica	Turboqás	110	51,00
CELEC-Termopichincha	Guanqopolo2	Pichincha	S.N.I.	Térmica	MCI	52,20	48,00
Petroecuador	Repsol YPF—SPF-3	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	45,25	44,50
CELEC-Termopichincha	Jivino III	Sucumbíos	S.N.I.	Térmica	MCI	44,00	42,00
CELEC-Termopichincha	Ouevedoll	Los Ríos	S.N.I.	Térmica	MCI	47,60	40,50
CELEC-Electroquayas	Santa Elenalll	Santa Elena	S.N.I.	Térmica	MCI	41,70	40,00
CELEC-Termomanabí	Iiraflores	Ilanabi	S.N.I.	Térmica	MCI	49,00	39,40
Pluspetol	CPF	Pastaza	No Incorporado	Térmica	MCI	40,34	36,23
Petroecuador	Repsol YPF-NPF1	Orellana	No Incorporado	Térmica	Turboqás	42,90	55,00
Generoca	Generoca	Guayas	S.N.I.	Térmica	MCI	38,12	34,40
Petroecuador	Palo Azul PGE	Orellana	No Incorporado	Térmica	Turbovapor	18,90	11,18
Petroecuador	Sacha	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	38,91	31,95
E.E. Quito	G. Hernández	Pichincha	S.N.I.	Térmica	MCI	34,32	31,20
Petroecuador	CPT Crudo Oiesel CELEC	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	33,56	29,50
Petroecuador	Oso	Napo	No Incorporado	Térmica	MCI	39,46	29,13
Petroecuador	CPF	Sucumbios	No Incorporado	Térmica	MCI	38,59	26,59
Petroecuador	Secoya	UCUITIBÍOS	No Incorporado	Térmica	MCI	29,75	26,27
UNACEM	Selva Alegre	Imbabura	S.N.I.	Térmica	MCI	29,28	24,30
CELEC-Termopichincha	Guangopolo	Pichincha	S.N.I.	Térmica	MCI	22,50	21,80
Petroecuador	Cuyabeno Crudo Oiesel CELEC	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	25,60	20,74
CNEL-Guayaquil	Anibal Santos (Vapor)	Guayas	S.N.I.	Térmica	Tur#ovapor	14,50	20,00
CELEC-Electroquayas	Gonzalo Zevallos (Gas)	Guayas	S.N.I.	Térmica	Tur#oqás	26,27	20,00
Petroecuador	Tiputini A—1	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	24,52	19,40

Petroecuador	Repsol YPF-SPF1	Orellana	No Incorporado	Térmica	Turboqás	50,10	19,00
Petroecuador	Arca Sur	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	22,72	18,98
CELEC-Termomanabí	llanta II	flanabí	S.N.I.	Térmica	MCI	20,40	17,34
Elecaastro	El Descanso	Cañar	S.N.I.	Térmica	MCI	19,20	17,20
E.E. Sur	Catamayo	Loja	S.N.I.	Térmica	MCI	19,74	17,17
Petroecuador	Shushufindi - CG - Gas(CELEC EPI	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	Tur#oqás	22,80	15,00
Petroecuador	Cuyabeno	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	23,15	14,09
Petroecuador	Repsol YPF-8PP2	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	16,12	13,63
Petroecuador	Tiputini C-1	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	14,91	13,46
CELEC-Termopichincha	Santa Cruz	Galápagos	No Incorporado	Térmica	MCI	14,81	13,42
Petroecuador	Shushufindi Estación Sur-oeste	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	18,20	12,77
Petroecuador	Sacha Norte 2	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	15,33	11,49
Petroecuador	Auca	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	15,23	11,39
Petroecuador	Celec Sacha	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	14,40	11,20
Petroecuador	Tiputini C-2	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	12,76	11,16
Petroecuador	Lago Aqrio	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	13,80	11,12
Petroecuador	Payamino	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	16,72	10,98
CELEC—Termopichincha	Sistemas Flenores	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	11,00	10,80
Petroecuador	Agvarico	SucumWos	No Incorporado	Térmica	MCI	14,62	10,70
Petroecuador	Cononaco	Pastaza	No Incorporado	Térmica	MCI	15,04	10,53
Petroecuador	Shushufindi	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	Turboqás	11,75	10,00
CELEC-Termopichincha	Jivino II	Sucumbíos	S.N.I.	Térmica	MCI	11,00	10,00
Petroecuador	Guanta	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	12,41	9,77
Sipac	I10C-CPF	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	12,70	9,70
Petroecuador	Yuralpa	Napo	No Incorporado	Térmica	MCI	18,60	9,21
Petroecuador	tHR	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	12,32	8,70
CELEC-Termoesmeraldas	La Propicia	Esmeraldas	S.N.I.	Térmica	MCI	10,50	8,50
Andes Petro	Tapir A	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	9,19	8,17

Petroecuador	Arcolands Shushufindi	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	10,15	8,14
Petroecuador	Repsol YPF- NPv2	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	9,28	7,99
Petroecuador	CPT Diesel dentada	Orela a	No Incorporado	Térmica	MCI	11,76	7,98
Petroecuador	Bermejo	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	9,32	7,92
AndesPevo	Hormiguero C	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	9,61	7,85
Pluspetrol	Sarayacu	Napo	No Incorporado	Térmica	MCI	9,00	7,78
Andes Petro	Oorine Battery	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	12,33	7,75
Petroecuador	Coca	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	10,83	7,67
Petroecuador	Limoncocha	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	15,95	7,47
CELEC- Termopichincha	Celso Castellanos	Sucumbios	S.N.I.	Térmica	MCI	10,00	7,20
Petroecuador	Repsol YPF- SSFD	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	9,09	6,75
Petroecuador	Sansahuari	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	10,28	6,49
Petroecuador	Tiputi A-2	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	7,78	6,22
OCP Ecuador	Amazonas	Sucumbios	No Incorporado	Térmica	MCI	6,66	6,14
CELEC- Termopichincha	San Cristóbal	Galápagos	No Incorporado	Térmica	MCI	7,41	5,91
Petroecuador	Yuca	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	6,95	5,48
CELEC- Termopichincha	Jivino I	Sucumbíos	S.N.I.	Térmica	MCI	7,50	5,40
OCP Ecuador	Sardinas	Napo	No Incorporado	Térmica	MCI	6,66	5,33
Petroecuador	RS Roth Shushufindi Drago 2	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	7,16	4,79
Petroecuador	Pala Sur	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	8,74	4,75
Petroecuador	Tiputini Gas	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	5,25	4,75
Andes Petro	NantuB	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	5,34	4,60
AndesPevo	Nantu D	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	5,80	4,48
Andes Petro	CDP	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	4,88	4,31
Petroecuador	Auca 51	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	8,05	4,23
Pluspetrol	Villano A	Pastaza	No Incorporado	Térmica	MCI	5,72	4,20
Petroecuador	Palmar Oeste	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	6,62	4,15
CELEC- Termopichincha	Ilacas	Ilorona Santiago	S.N.I.	Térmica	MCI	4,50	4,00

Petroecuador	Tapi	UCUITIBÍOS	No Incorporado	Térmica	MCI	5,21	3,92
CELEC— Termomanabí	Pedernales	Ilanabí	S.N.I.	Térmica	MCI	5,00	3,90
Sipac	PBHI—Inchi CPF	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	4,65	3,90
AndesPevo	Wanke A	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	4,87	3,87
Petroecuador	Gacela	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	5,26	3,82
E.E. Ambato	Lliqua	Tunqurahua	S.N.I.	Térmica	MCI	5,00	3,60
Petroecuador	Sacha Sur GAS Wakesha	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	4,20	3,60
AndesPevo	Kupi E	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	4,08	3,38
OCP Ecuador	Cayaqama	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	3,36	3,36
Petroecuador	Procesos Tiputini	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	4,14	3,31
Petroecuador	Sacha Norte 1	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	17,45	3,26
Andes Petro	flariann Vieja	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	3,82	3,00
AndesPevo	Hormiguero D	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	3,73	3,00
Petroecuador	Tetete	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	4,61	2,91
Sipac	PBH-PAR2	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	3,42	2,85
Petroecuador	Cuyabeno E	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	3,65	2,74
Petroecuador		Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	3,51	2,64
Petroecuador	Dumbique	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,90	2,60
OCP Ecuador	Páramo	Napo	No Incorporado	Térmica	MCI	3,36	2,56
AndesPevo	Nantu C	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	3,14	2,51
UCEM	HantaGuapán	Canar	No Incorporado	Térmica	Turbovapor		2,50
AndesPevo	Hormiguero Sur	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,72	2,46
Petroecuador	Shushufindi Norte	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	3,15	2,37
Andes Petro	Sunka 1	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,76	2,30
Petroecuador	Indillana	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	4,71	2,28
Andes Petro	CPH	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,59	2,07
Petroecuador	Auca Central	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,66	2,04
CELEC- Termopichincha	Puná Nueva	Guayas	No Incorporado	Térmica	MCI	2,25	2,03
Petroecuador	Aquajal	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	5,80	2,02

Petroecuador	Sacha Sur	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,54	2,01
AndesPevo	Aurora	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,43	1,95
Sipac	I1DC-L0C40	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,35	1,85
Petroecuador	Pakay	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	3,25	1,85
Petroecuador	Tambococha A	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,13	1,84
AndesPevo	Kupi A	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,18	1,83
CELEC- Termopichincha	Payamino	Orellana	S.N.I.	Térmica	MCI	2,50	1,80
CELEC- Termopichincha	Loreto	Orellana	S.N.I.	Térmica	MCI	2,25	1,80
CELEC- Termopichincha	8ayuma	Orellana	S.N.I.	Térmica	MCI	2,25	1,80
Orion	Estación EN0	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	2,00	1,80
AndesPevo	flariann 5-8	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	2,20	1,78
Andes Petro	PenkeB	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,09	1,77
Petroecuador	Frontera	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	2,46	1,76
Petroecuador	flono	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,60	1,74
OCPEcuador	Terminal Ilaritimo	Esmeraldas	No Incorporado	Térmica	MCI	1,72	1,72
CELEC- Termopichincha	Isa#ela	Galápagos	No Incorporado	Térmica	MCI	1,63	1,50
Orion	Estación Ron	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	1,50	1,50
Petroecuador	Pucuna	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	1,88	1,46
Andes Petro	Pi»do	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	1,82	1,45
Petroecuador	Itaya A	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	2,53	1,35
Petroecuador	Santa Elena	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	2,50	1,31
AndesPevo	Nantu E	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	1,50	1,30
AndesPevo		Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	1,52	1,50
Andes Petro	Lago Aqrio LTF	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	1,64	1,28
AndesPevo	Tarapuy	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	1,59	1,27
Andes Petro	flariann 4A	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	1,49	1,25
AndesPevo	Hormiguero B	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	1,66	1,23
Petroecuador	Yamanunka	SucumNos	No Incorporado	Térmica	MCI	2,19	1,20

Petroecuador	Yanaq Oeste	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	1,64	1,15
Orion	Estación Ocano	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	1,41	1,14
Petroecuador	Tipishca	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	1,43	1,12
Petroecuador	Itaya B	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	2,55	1,10
Petroecuador	Lobo	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	1,41	1,09
Petroecuador	Zemi	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	1,36	1,07
Petroecuador	Tumali	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	1,55	1,07
AndesPevo	Dorine 5	UCUITIBÍOS	No Incorporado	Térmica	MCI	1,20	1,00
Petroecuador	RS Roth Shushufindi Drago N1	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	1,36	1,00
Petroecuador	Anaconda	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,35	0,98
Andes Petro	flariann 9	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	1,27	0,97
Orion	Estación Peña Blanca	Sucumbios	No Incorporado	Térmica	MCI	1,37	0,96
Petroecuador	Tambococha D	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	1,07	0,92
Andes Petro	Shiripuno	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	0,90	0,80
AndesPevo	Campamento Base	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	1,09	0,80
Andes Petro	flariann 10	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	1,09	0,80
AndesPevo	Hormiguero A	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	1,07	0,77
Petroecuador	Jivino A	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	1,96	0,76
Andes Petro	DorineH	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	1,00	0,75
Sipac	PBHI-InchiC	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	0,84	0,75
Sipac	PBH-HUA02	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	0,72	0,70
Sipac	PBH-PS024	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	0,82	0,70
AndesPevo	MAHOGANNYB	Sucumbios	No Incorporado	Térmica	MCI	0,73	0,65
Sipac	!1DC-L0C16	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	0,90	0,65
Petroecuador	Pacayacu	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	0,67	0,55
Andes Petro	Fanny 50	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	0,70	0,50
AndesPevo	Sorine G	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	0,60	0,50
Andes Petro	Hormiguero E	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	0,75	0,50

Petroecuador	Paka Norte	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	2,73	0,50
Petroecuador	Cedros	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	0,73	0,45
Petroecuador	Laguna	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	0,82	0,44
Petroecuador	Playas del Cuyabeno	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	0,53	0,43
AndesPevo	Sunka 2	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	0,45	0,36
Petroecuador	SRF Shushufindi	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	0,83	0,35
Petroecuador	Angel Norte	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	0,40	0,35
Petroecuador	Pañiyacu	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	1,23	0,32
CELEC- Termopichincha	Floreana	Galápagos	No Incorporado	Térmica	MCI	0,44	0,31
Petroecuador	Concordia	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	0,89	0,31
Andes Petro	ChoronqoA	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	0,37	0,30
Petroecuador	Jaguar	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	1,36	0,29
Petroecuador	Tanqay	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	0,37	0,29
Orion	Estación CFE	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	0,38	0,27
Petroecuador	Jivino	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	0,55	0,23
Sipac	PBH-Estación	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	0,28	0,20
Petroecuador	Pichincha	Sucumbíos	No Incorporado	Térmica	MCI	0,27	0,17
OCP Ecuador	Chiquilpe	Pichincha	No Incorporado	Térmica	MCI	0,16	0,16
OCP Ecuador	Puerto Quito	Pichincha	No Incorporado	Térmica	MCI	0,16	0,16
Andes Petro	Cami	Orellana	No Incorporado	Térmica	MCI	0,05	0,04

### UNIDAD 3 ENERGÍAS ALTERNATIVAS

#### Energía Solar

Es la energía del sol que llega a la superficie de la Tierra en forma de radiación electromagnética.

La energía solar se puede usar de dos formas; como energía solar fotovoltaica o energía solar térmica. La producción de energía solar es la energía de la radiación solar utilizada tanto para la

producción de electricidad en plantas fotovoltaicas y termo solares, como para su uso final en el calentamiento de agua y secado de materia prima.

### ***Energía Solar Fotovoltaica***

La energía solar fotovoltaica se basa en la utilización de células solares o fotovoltaicas, fabricadas con materiales semiconductores cristalinos que, por efecto fotovoltaico, generan corriente eléctrica cuando sobre los mismos incide la radiación solar. El silicio es la base de la mayoría de los materiales más ampliamente utilizados en el mundo para la construcción de células solares.

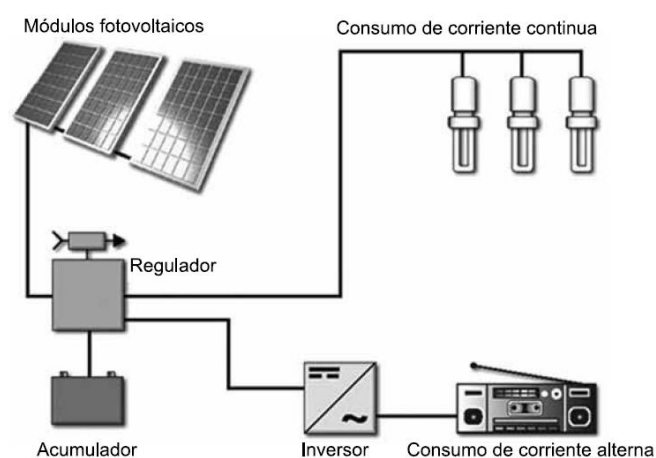
La corriente eléctrica generada a partir de la energía solar fotovoltaica tiene actualmente distintas aplicaciones. Por un lado, se encuentran las aplicaciones más tradicionales, cuyo objetivo es proporcionar energía eléctrica a zonas aisladas con deficiencias en el abastecimiento eléctrico convencional (electrificación de viviendas generalmente aisladas, bombeos, sistemas de señalización vial, sistemas de comunicaciones, sistemas agroganaderos, etc.).

Un segundo tipo de aplicación consiste en la inyección de energía eléctrica en las redes eléctricas. En un tercer bloque pueden incluirse aquellas aplicaciones específicas, las cuales abarcarían desde el suministro de energía a satélites artificiales hasta la alimentación de automóviles, relojes, radios o calculadoras de bolsillo. (Carta González José Antonio, 2009)

La figura 7 permite observar un esquema conceptual de una instalación solar fotovoltaica.

**Figura 7**

*Esquema de una instalación fotovoltaica*



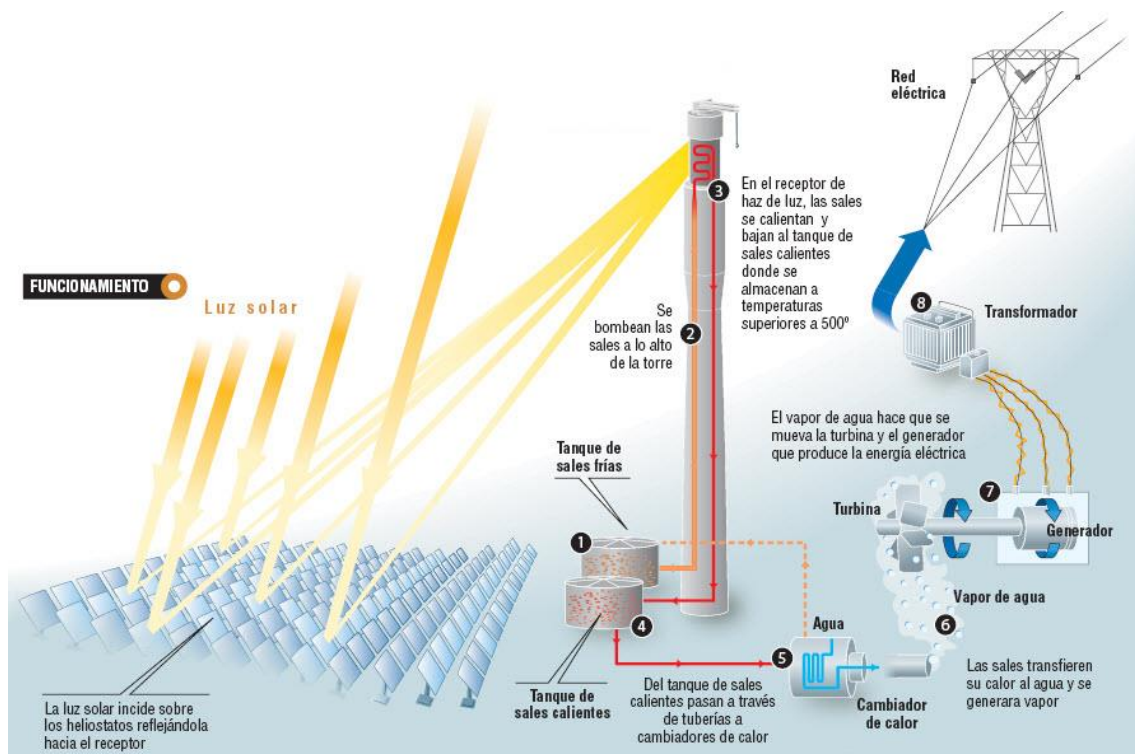
### Energía Termosolar

El proceso de aprovechamiento de la energía solar en forma de energía térmica se basa en la utilización de espejos o heliostatos que concentran la radiación solar sobre un solo punto en este caso en un receptor, donde un fluido térmico (como sales fundidas o aceites sintéticos) se calienta hasta altas temperaturas. Ese calor se emplea para generar vapor de agua que le da movimiento a una turbina conectada a un generador eléctrico. A diferencia de la energía fotovoltaica, las heliotérmicas transforman la energía solar en calor antes de convertirla en electricidad, lo que permite incorporar sistemas de almacenamiento térmico para seguir produciendo incluso durante la noche o en condiciones nubladas.

La figura 8 permite observar la trayectoria que sigue la energía solar hasta llegar a su uso final en forma de energía termosolar. (Carta González José Antonio, 2009)

**Figura 8**

*Central de energía termosolar*



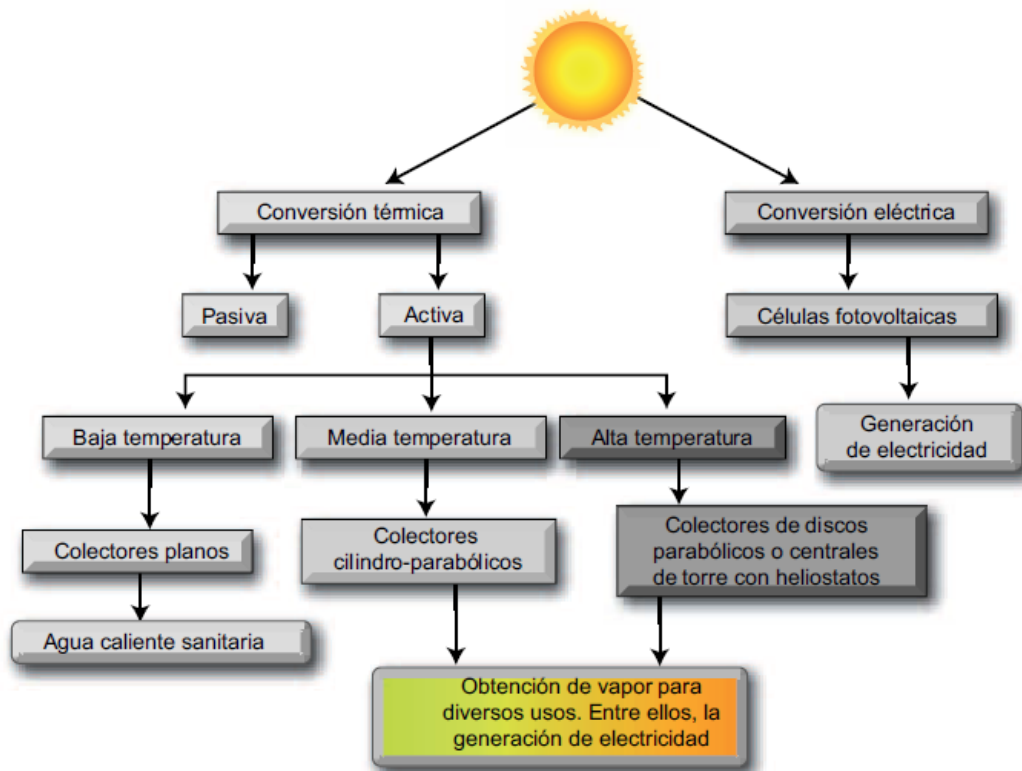
En la actualidad existen tecnologías para aprovechar la energía solar térmica, la siguiente figura indica una clasificación del uso de la captación de la energía solar directa y convertirla en una forma eficiente de energía.

Tecnología de conversión térmica, que absorbe la energía solar y la transforman en calor. Mediante esta tecnología es posible también obtener indirectamente electricidad mediante la transformación del calor con una máquina termodinámica. Tecnología de conversión eléctrica, que permite la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica.

La energía térmica captada puede utilizarse de forma pasiva o activa. (Glover, Sarma, & Overbye, 2017)

**Figura 9**

*Clasificación de las tecnologías de aprovechamiento de la energía solar*



## Mapa Solar

El sol es la fuente de casi toda la energía terrestre. Él permite la fotosíntesis que transforma la energía de los rayos solares en energía química, indispensable para la vida vegetal y animal. La fotosíntesis también ha permitido la formación de los combustibles fósiles. El sol está en la génesis de los vientos y es el motor que mueve los ciclos hidrológicos. En forma directa, la energía solar aparece bajo la forma de energía solar propiamente dicha, hidráulica o de energía eólica. La energía solar que se recibe en la superficie de la tierra se ha calculado equivalente a 178 000 TW-año. En 1990 se calculaba que esta cantidad era 15 000 veces mayor que el consumo global. No obstante, cerca del 30% de esta energía es reflejada en el espacio, 50% es absorbida, convertida en calor y reenviada a la superficie terrestre; de este 50%, 49 000 TW-año son reenviados como energía calorífica bajo la forma de radiación electromagnética y 40 000 TW-año como energía calorífica propiamente dicha. Los 20% restantes permiten la formación de los vientos (~350 TW), alimentan de energía los ciclos hidrológicos (~35 000 TW) y tan solo una muy pequeña parte de la energía solar es utilizada por la fotosíntesis, gracias a la cual la biodiversidad planetaria existe (100 TW). (CONELEC, 2008)

El mapa solar, que es una representación cartográfica que muestra la cantidad de radiación solar incidente en un área geográfica específica. Esta herramienta permite identificar las zonas geográficas del Ecuador que cuentan con un recurso solar importante que puede ser aprovechado para la producción de energía eléctrica o térmica. Así también, es de gran utilidad para realizar la planificación y diseño de proyectos de energía solar, así como la instalación de paneles solares.

El documento está realizado en base a datos históricos de irradiación solar, combinados con modelos climáticos y topográficos, será fundamental para la toma de decisiones en cuanto a la ubicación de centrales solares, maximizando su productividad y minimizando los potenciales riesgos ambientales.

El mapa solar es el resultado del trabajo comprometido de la Agencia Francesa para el Desarrollo (AFD) que con fondos no reembolsables financió la elaboración del estudio; Tractebel-Engie,

quienes desarrollaron los distintos productos de la herramienta y la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP) que participó y coordinó con Tractebel la elaboración, revisión y aprobación de los insumos. (Ministerio Energía, 2024)

**Figura 10**

*Portada actualizada de la aplicación para utilizar el mapa solar del Ecuador.*



### ***Potencial solar fotovoltaico del Ecuador***

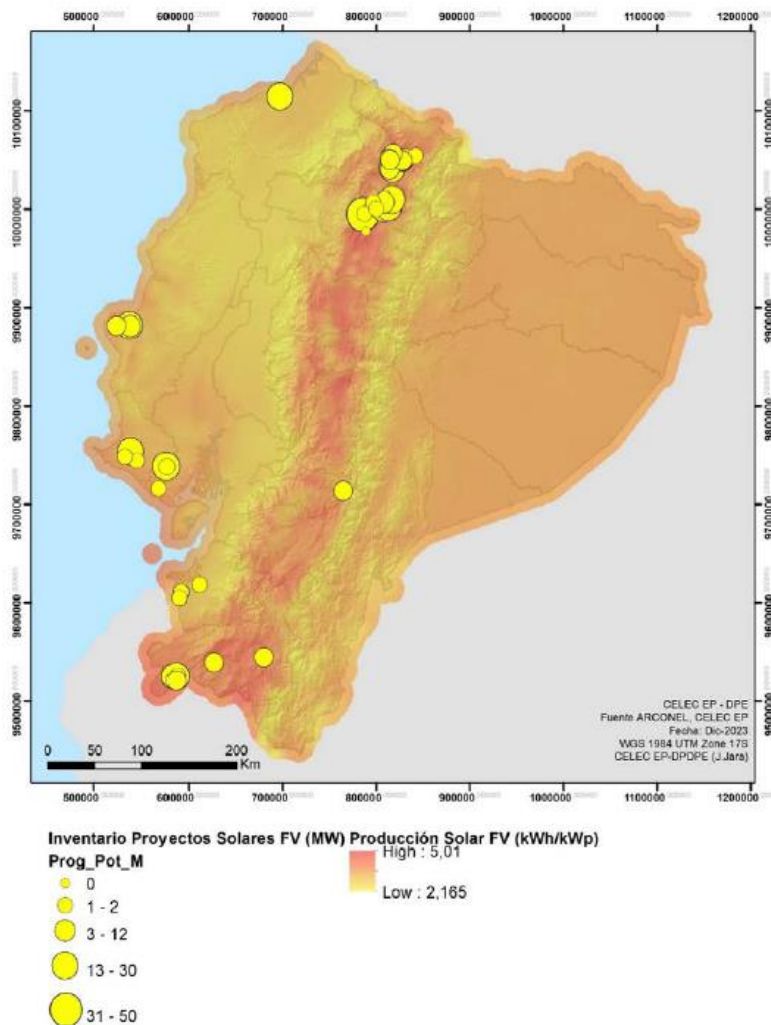
A través de un análisis espacial y multicriterio preliminar se ha identificado zonas altamente idóneas para el desarrollo de centrales solares fotovoltaicas de mediana y gran potencia, que equivalen aproximadamente al 3% del territorio nacional. Este resultado, sugiere que el potencial solar fotovoltaico es abundante en todo el territorio ecuatoriano, presentando el callejón interandino los mejores lugares para el desarrollo de esta tecnología.

Actualmente, la CELEC EP obtuvo una cooperación técnica no reembolsable de la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD), para estudiar el potencial solar fotovoltaico, y obtener un portafolio de proyectos fotovoltaicos de mediana y gran potencia que totalizarán 1.000 MWp. (En términos prácticos, una planta de 1 MWp requiere aproximadamente 2,200 paneles solares modernos de unos 450W cada uno para funcionar a esa capacidad nominal en condiciones perfectas.)

Los resultados preliminares de este estudio confirman el potencial solar fotovoltaico previamente identificado por la Corporación, y además sugieren que las mejores zonas para el desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos se encuentran a lo largo del callejón interandino del país. No obstante, existen zonas de gran potencial en el centro y sur, que por las condiciones existentes del Sistema Nacional de Transmisión (S.N.T.) tendrían restricciones para su aprovechamiento. En este sentido se viene trabajando en estudios de planificación y expansión del S.N.T., para facilitar el aprovechamiento de los recursos renovables que son abundantes en estas regiones del país. La figura 11 muestra un mapa potencial solar fotovoltaico del Ecuador hasta el año 2023. (Ministerio Energía, 2024)

**Figura 11**

*Mapa potencial solar fotovoltaico del Ecuador*



La tabla 6, indica los proyectos provenientes de energía solar en el Ecuador, los datos presentados están en orden descendente con relación a la cantidad de energía producida.

**Tabla 6**

*Listado de centrales solares existentes ordenadas por su potencia efectiva.*

EMPRESA	CENTRAL	PROVINCIA	SISTEMA	TIPO DE CENTRAL	SUBTIPO DE CENTRAL	POTENCIA NOMINAL MW	POTENCIA EFECTIVA MW
Gransolar	Salinas	Imbabura	S.N.L	Solar	Solar	2,00	2,00
E.E. Galápagos	Santa Cruz Solar	Galápagos	No	Solar	Solar	1,52	1,52
	Puerto Ayora		Incorporado				
E.E. Galápagos	San Cristóbal Solar	Galápagos	No	Solar	Solar	1,00	1,00
			Incorporado				
Gransolar	Tren Salinas	Imbabura	8.N.I.	Solar	Solar	1,00	1,00
Brineforcop	Brineforcop	Manabí	8.N.I.	Solar	Solar	1,00	1,00
Solsantros	Solsantros	El Oro	8.N.I.	Solar	Solar	1,00	1,00
Saracaysol	Saracaysol	El Oro	S.N.I.	Solar	Solar	1,00	1,00
Sanersol	Sanersol	El Oro	S.N.L	Solar	Solar	1,00	1,00
San Pedro	San Pedro	Loja	S.N.L	Solar	Solar	1,00	1,00
Gonzanergy	Gonzanergy	Loja	S.N.L	Solar	Solar	1,00	1,00
Surenergy	Surenergy	Loja	S.N.L	Solar	Solar	1,00	1,00
Solsantonio	Solsantonio	El Oro	S.N.I.	Solar	Solar	1,00	1,00
Solhuaqui	Solhuaqui	El Oro	S.N.I.	Solar	Solar	1,00	1,00
Solchacras	Solchacras	El Oro	S.N.I.	Solar	Solar	1,00	1,00
Electrisol	Electrisol	Pichincha	S.N.I.	Solar	Solar	1,00	1,00
Epfotovoltaica	!u!aló	Cotopaxi	S.N.I.	Solar	Solar	1,00	1,00
Epfotovoltaica	Pastocalle	Cotopaxi	8.N.I.	Solar	Solar	1,00	1,00
Valsolar	Paraqachi	Imbabura	S.N.I.	Solar	Solar	1,00	1,00
Wildtecsa	Wildtecsa	Guayas	S.N.I.	Solar	Solar	1,00	1,00
Sansau	Sansau	Guayas	S.N.I.	Solar	Solar	1,00	1,00
Genrenotec	Genrenotec	Guayas	S.N.L	Solar	Solar	0,99	0,99
Altgenotec	Altgenotec	Guayas	S.N.L	Solar	Solar	0,99	0,99
E.E. Galápagos	Isabela Solar	Galápagos	No	Solar	Solar	0,95	0,95
			Incorporado				
Sabianqosolar	Sabianqo Solar	Loja	S.N.L	Solar	Solar	1,00	0,75
Renova Loja	Renova Loja	Loja	S.N.I.	Solar	Solar	1,00	0,70
Lojaenergy	Lojaenergy	Loja	S.N.I.	Solar	Solar	1,00	0,70
Enersol	Enersol	Manabí	S.N.I.	Solar	Solar	0,50	0,49
E.E. Quito	Panel	Napo	No	Solar	Solar	0,40	0,40
	Fotovoltaico		Incorporado				
E.E. Centro Sur	Panel	Morona Santiago	No	Solar	Solar	0,57	0,17
	Fotovoltaico		Incorporado				
E.E. Ambato	Panel	Pastaza	No	Solar	Solar	0,20	0,20
	Fotovoltaico		Incorporado				
E.E. Galápagos	Baltra Solar	Galápagos	No	Solar	Solar	0,07	0,07
			Incorporado				
E.E. Galápagos	San Cristóbal Solar	Galápagos	No	Solar	Solar	0,04	0,04
	Eolicas		Incorporado				
E.E. Galápagos	Floreana Perla Solar	Galápagos	No	Solar	Solar	0,02	0,02
			Incorporado				

E.E. Galápagos	Santa Cruz Solar Aislados	Galápagos	No Incorporado	Solar	Solar	0,01	0,01
E.E. Galápagos	Isabela Solar Aislados	Galápagos	No Incorporado	Solar	Solar	0,01	0,01
E.E. Galápagos	Floreana Solar Aislados	Galápagos	No Incorporado	Solar	Solar	0,01	0,01

### **Energía Eólica**

La energía eólica no es más que la energía cinética de una masa de aire en movimiento. Su origen se encuentra en la existencia sobre la Tierra de masas de aire a diferentes temperaturas, originadas por diferentes intensidades de radiación solar, a nivel global o local, las cuales producen corrientes ascendentes y descendentes, formando anillos de circulación del aire.

La energía eólica es, por consiguiente, un pequeño porcentaje de la energía solar incidente sobre el planeta.

#### ***Características generales***

La energía eólica es una energía renovable, es decir que nunca se acaba

Forma indirecta de energía solar, las diferencias de temperatura y presión en la atmósfera por absorción de la radiación generan el viento

Las zonas más favorables, regiones costeras y grandes estepas, donde hay vientos constantes, velocidad media >30 Km/h

La tecnología de la energía eólica está teniendo un vertiginoso desarrollo. En la actualidad, más de cuarenta mil turbinas de medio tamaño están en funcionamiento en el mundo, fundamentalmente en Europa, Estados Unidos y la India. Estas máquinas pueden producir anualmente alrededor de 20.000 millones de kWh de electricidad a partir de la energía cinética del viento. (Carta González José Antonio, 2009)

#### ***Tipos de viento***

El viento es una consecuencia de la radiación solar. Debido, fundamentalmente, a la redondez de la Tierra se originan diferencias de insolación entre distintos puntos del planeta. En los polos, los rayos solares inciden oblicuamente, por lo que calientan menos la superficie de la Tierra.

Los rayos solares inciden perpendicularmente en el ecuador y calientan más la superficie de la Tierra, ya que se reparten sobre una superficie más pequeña que en los polos. Estas diferencias de insolación dan lugar a diferentes zonas térmicas que provocan diferencias de densidad en las masas de aire. En el ecuador, el aire al calentarse se hace más ligero (menos denso) y asciende a las capas altas de la atmósfera dejando tras de sí una zona de baja presión; en los polos, el aire es más pesado (más denso) y desciende aumentando la presión. El aire que envuelve a la Tierra, como cualquier gas, se mueve desde las zonas de mayor presión atmosférica (mayor densidad) a las de menor presión; es decir, si la Tierra no girase y su superficie fuese homogénea el aire se movería desde los polos al ecuador por las capas bajas de la atmósfera y del ecuador a los polos por las capas altas siguiendo un ciclo de movimiento de aire en cada hemisferio. Este aire en movimiento horizontal es el viento. La siguiente figura muestra los tipos de vientos que se pueden generar alrededor de nuestro país. (Carta González José Antonio, 2009)

**Figura 12**

*Tipos de viento*

De acuerdo a	Subclasificación	Descripción
Duración	Vientos Permanentes	Sopla en la misma dirección a lo largo del año
	Vientos periódicos o de temporada	Ellos son los que, a intervalos regulares soplan en direcciones opuestas; por ejemplo las brisas (ocurren en el día y la noche en direcciones opuestas), vientos monzones.
Localización geográfica	Vientos Regionales	Determinado por la distribución de tierras y mares, así como la gran mitigación de tierras interiores.
	Vientos locales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brisa marina: Producción eólica en tierra desde el mar a la tierra (durante el día)</li> <li>• Brisa de tierra: flujo del viento contrario, de la tierra al mar (durante la noche)</li> <li>• Brisa de la montaña: El viento local sopla cuesta abajo en la noche</li> <li>• Brisa del Valle: El viento local sopla cuesta arriba durante el día</li> <li>• Vientos catabáticos: debido a la disminución de aire fresco de las regiones desde las regiones altas o más bajas</li> <li>• Viento anabaptista: Se produce cuando el sol calienta el aire se eleva y suavemente fluye hasta las laderas de las montañas y los valles</li> </ul>

### ***Energía eólica en el Ecuador***

En Ecuador, la energía eólica se está aprovechando en la isla San Cristóbal con una capacidad de 2,4 y en la provincia de Loja, en el cerro Villonaco, con una potencia instalada de 16.5 MW, además está en construcción un proyecto en la isla Baltra con una capacidad de 2.25 MW. El equivalente de la energía proporcionada por estos proyectos puede abastecer los hogares de 150 mil ecuatorianos.

### ***Potencial Eólico del Ecuador***

El Atlas Eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica (2013) identificó un potencial eólico estimado de 1.671 MW; y un potencial factible a corto plazo de 884 MW. En el 2017, la CELEC EP contrató los servicios de consultoría para evaluar por primera vez el potencial eólico complementario a nivel nacional; es decir, para identificar las mejores zonas para la implementación de parques eólicos que tengan su mayor producción, especialmente en las épocas de estiaje hidroeléctrico, y de esta forma aportar complementariamente a la expansión sostenible del S.N.I. De esta forma se identificó un potencial eólico complementario en la región Costa de aproximadamente 500 MW en proyectos y en ciertas localidades de la Sierra. (CELEC, 2025)

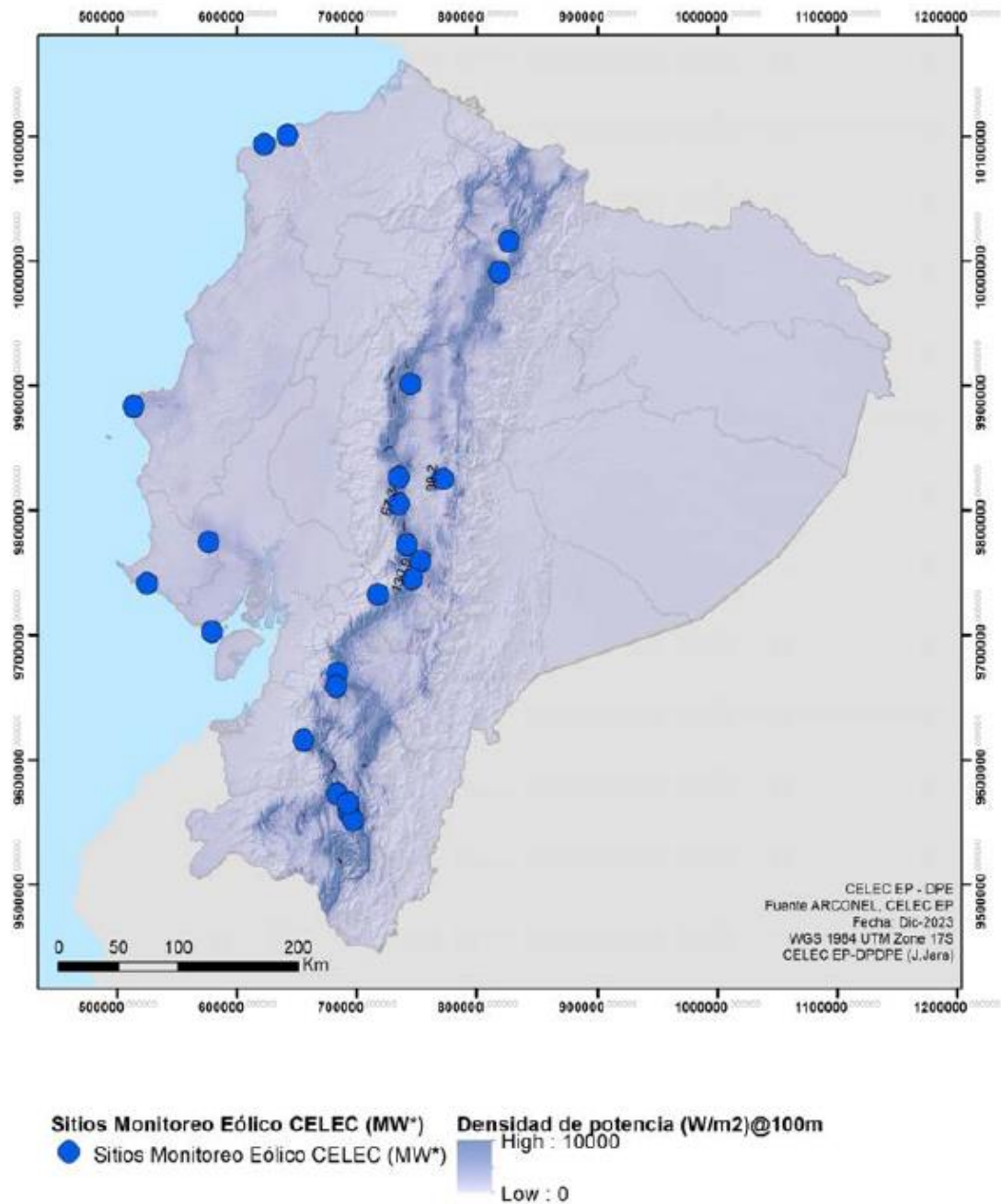
En el 2017, la CELEC EP contrató los servicios de consultoría para evaluar por primera vez el potencial eólico complementario a nivel nacional; es decir, para identificar las mejores zonas para la implementación de parques eólicos que tengan su mayor producción, especialmente en las épocas de estiaje hidroeléctrico, y de esta forma aportar complementariamente a la expansión sostenible del S.N.I. Este primer estudio propuso una investigación innovadora para modelar el fluido de viento con modelos atmosféricos y de reducción de escala, con el fin de calcular la velocidad y dirección del viento en todo el país. De esta forma se identificó un potencial eólico complementario a la región Costa, en ciertas localidades de la región Sierra, de aproximadamente 500 MW en proyectos. En este sentido, desde el año 2018, se viene trabajando en la prospectiva y campañas de medición del recurso eólico a nivel nacional.

La figura 13 muestra las 21 torres meteorológicas que existen en todo el territorio ecuatoriano, con las cuales se ha confirmado e identificado nuevos potenciales eólicos, entre los que se destaca

un portafolio de proyectos de mediana y gran escala, que cuentan con mediciones certificadas de más de un año, viables desde el punto de vista técnico, económico y socioambiental. (Ministerio Energía, 2024)

Figura 13

Mapa potencial eólico e inventario de proyectos eólicos del Ecuador



La tabla 7, muestra los principales proyectos de centrales eólicas del Ecuador ordenadas por su potencia efectiva.

**Tabla 7**

*Listado de centrales eólicas existentes ordenadas por su potencia efectiva.*

EMPRESA	CENTRAL	PROVINCIA	SISTEMA	TIPO DE CENTRAL	SUBTIPO DE CENTRAL	POTENCIA NOMINAL MW	POTENCIA EFECTIVA MW
Elecaustro	Huascachaca	Loja	S.N.I.	Eólica	Eólica	49,98	49,98
CELEC-Gensur	Villonaco	Loja	S.N.I.	Eólica	Eólica	16,50	16,50
E.E. Galápagos	San Cristóbal Eólico	Galápagos	No Incorporado	Eólica	Eólica	2,40	2,40
E.E. Galápagos	Baltra Eólico	Galápagos	No Incorporado	Eólica	Eólica	2,25	2,25

### **Energía Geotérmica**

La energía geotérmica es aquella energía que puede obtenerse mediante el aprovechamiento del calor del interior de la tierra.

El calor geotérmico se encuentra irregularmente distribuido, pocas veces concentrado en un sitio y, frecuentemente, es accesible solo a grandes profundidades; por consiguiente, se debe establecer que, bajo las actuales condiciones tecnológicas y del mercado de energía, se puede considerar una fuente energética económicamente aprovechable solo a una fracción infinitesimal del calor geotérmico. Es frecuente que el término energía geotérmica se refiera a aquel calor a profundidades consideradas accesibles para su explotación y uso. (Manuel Peláez, 2015)

La exploración geotérmica en Ecuador se ha venido llevando a cabo desde hace aproximadamente 35 años. Se puede decir que, después de la energía hidráulica, es la fuente renovable de energía que por más tiempo se la ha estudiado, aunque de manera cíclica y discontinuada.

Los estudios de reconocimiento geotérmico se iniciaron en 1979, cuando el ex-Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) junto a la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), con el asesoramiento de AQUATER de Italia, BRGM de Francia y el Instituto de Investigaciones Eléctricas de México (IIE), desarrollaron el “Estudio de Reconocimiento

Geotérmico Nacional de la República del Ecuador” con el objetivo de “diversificar la oferta de recursos naturales aptos para la generación eléctrica y reducir el uso de combustibles derivados del petróleo” (INECEL-OLADE, 1979). Los estudios de exploración se enfocaron principalmente en la región Sierra.

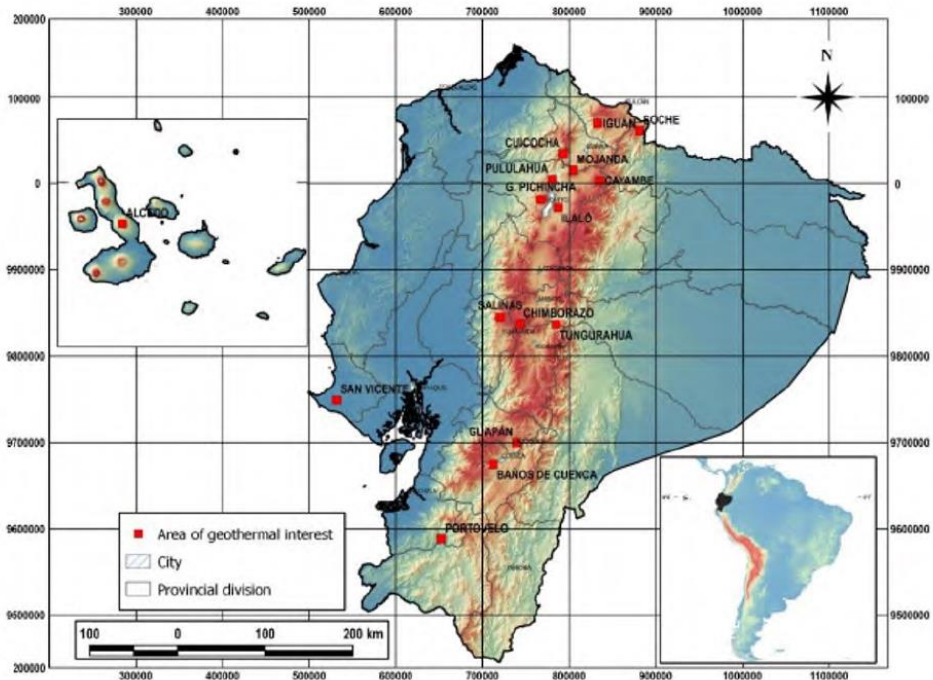
En Ecuador, el potencial de varios cientos de megavatios de generación eléctrica a partir de recursos geotérmicos se ha reconocido basado principalmente en estudios realizados por el gobierno con la ayuda de programas de asistencia técnica extranjera de la década de 1970 a principios de 1990. (Estado de la energía geotérmica en el Ecuador, 2025)

Ecuador, pese a ubicarse en el Cinturón de Fuego del Pacífico y contar con múltiples sistemas volcánicos activos, aún no ha incorporado generación geotérmica a su sistema eléctrico nacional. Este hecho obedece a diversos factores como: la falta de financiamiento para perforaciones profundas, la complejidad ambiental de proyectos en zonas protegidas y la carencia de un marco regulatorio específico (Urquiza, 2015). No obstante, los avances recientes en exploración, la cooperación internacional y la definición de un Plan Maestro Geotérmico (2024) marcan un punto de inflexión para el desarrollo de este recurso en el país (Ministerio Energía, 2024).

El potencial geotérmico ecuatoriano se encuentra distribuido en seis grandes regiones o ‘geothermal plays’ (Figuras 14 y 15): Andes del Norte, Andes del Sur, Galápagos Rift, Galápagos Hot Spot, la cuenca de antearco costera y la cuenca de antepaís Oriente (B. Beate, 2023). Cada una de estas zonas responde a un contexto geodinámico particular.

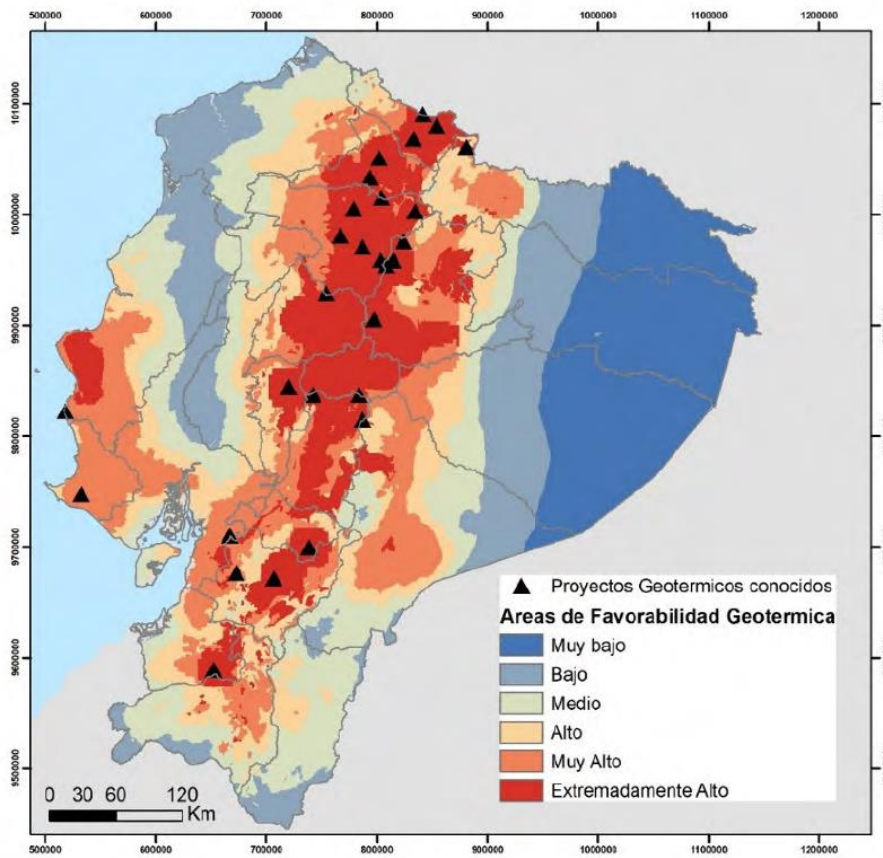
#### **Figura 14**

*Mapa de ubicación de las zonas de interés geotérmico*



**Figura 15**

*Mapa de favorabilidad geotérmica y ubicación de prospectos geotérmicos*



### *Potencial geotérmico del Ecuador*

El potencial geotérmico del Ecuador ha sido estimado entre 600 MWe y 682 MWe, con base en estudios de prefactibilidad realizados en cinco zonas geotérmicas principales. Esta cifra representa aproximadamente un 10 % de la capacidad de generación eléctrica instalada del país, cercana a los 6.000 MW, dominada por hidroeléctricas (B. Beate, 2023). A diferencia de estas, la geotermia ofrece una producción continua e independiente de la variabilidad climática, convirtiéndola en una fuente estratégica para la seguridad energética (EP, 2023). Además del potencial eléctrico, el país dispone de recursos de baja y media entalpía aplicables a usos directos: baños termales, climatización de invernaderos, piscicultura y procesos industriales como el secado de granos.

Estos usos ya generan beneficios locales y pueden expandirse con menor inversión inicial que la requerida para proyectos de alta entalpía (D.H.Freeston, 2023)

Actualmente, Ecuador no cuenta con plantas geotérmicas en operación conectadas al Sistema Nacional Interconectado (SNI). El uso actual se limita a aplicaciones directas, con una capacidad instalada de 5,157 MWt, equivalente a 102,401 TJ/año, destinados principalmente a balnearios y baños termales en regiones como Baños de Agua Santa, Papallacta y Chachimbiro (B. Beate, 2023). También se han desarrollado proyectos piloto innovadores como bombas de calor geotérmicas (GSHP) para climatización de invernaderos, y secadores híbridos solar-geotérmicos para productos agrícolas como la quinua (IIGE, 2021). En el ámbito eléctrico, el proyecto Chachimbiro se perfila como el primer generador geotérmico del país, con la instalación planificada de una unidad wellhead de 5 MWe, que servirá como fase inicial para escalar a una planta de 50 MWe hacia el año 2029 La figura 16 muestra la planta geotérmica instalada en Chachimbiro (EP, 2023). Otros prospectos como Chacana y Tufiño-Chiles están en fases avanzadas de exploración superficial, con potencial para futuras perforaciones profundas.

**Figura 16**

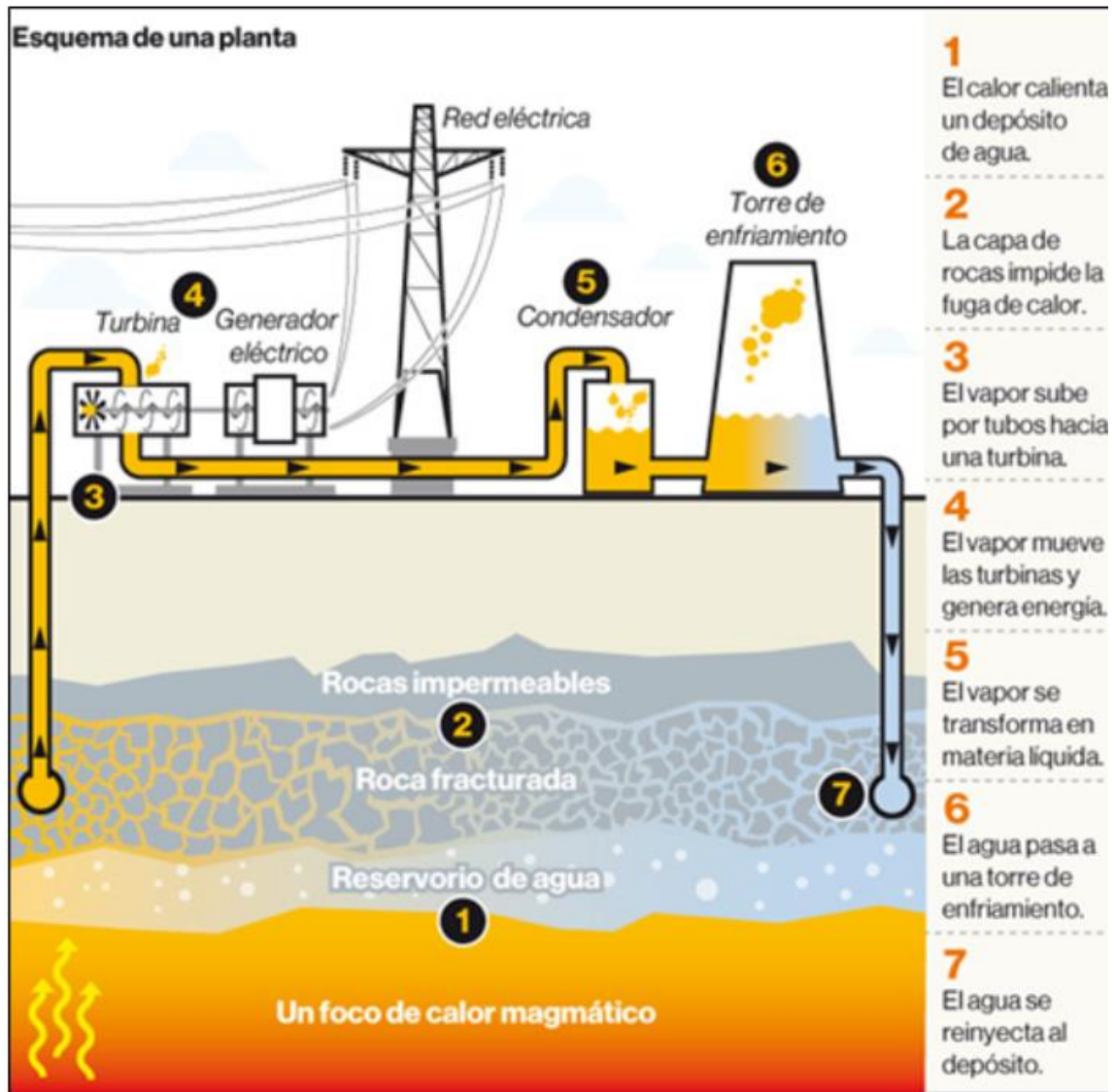
*Planta geotérmica de Chachimbiro*



El desarrollo geotérmico en Ecuador enfrenta múltiples retos. El más importante es el alto costo de la perforación de pozos exploratorios profundos, con un riesgo inherente de no encontrar condiciones adecuadas. Además, la ausencia de un marco regulatorio específico para la geotermia genera incertidumbre en los inversionistas. Otro desafío es el acceso a zonas ambientalmente sensibles, como el Parque Nacional Galápagos, donde los altos potenciales deben equilibrarse con la conservación. También se requiere fortalecer las capacidades técnicas locales en perforación de pozos de alta temperatura. Por otro lado, las oportunidades son significativas: la geotermia puede diversificar la matriz energética, aportar energía firme y reducir la dependencia de combustibles fósiles. Los usos directos de baja y media entalpía ofrecen beneficios inmediatos y de bajo costo, mientras que proyectos emblemáticos como Chachimbiro pueden posicionar a Ecuador como un referente regional. La figura 17 indica el esquema de una central geotérmica.

Figura 17

Esquema de una planta geotérmica



La cooperación internacional, reflejada en el apoyo de JICA y BID, es clave para superar las barreras iniciales y atraer inversión privada (EP, 2023). El IIGE por su parte, con base en sus competencias, desarrolla el proyecto de cartografía regional a escala 1:100 000, este sirve como información base para la exploración inicial y a detalle de prospectos geotérmicos. La figura 18 muestra los prospectos geotérmicos del Ecuador (Estado de la energía geotérmica en el Ecuador, 2025)

Figura 18

Prospectos geotérmicos del Ecuador

Prospecto / Área	Región Geotérmica	Temp. estimada / medida	Estado de exploración	¿En explotación?
Chachimbiro (Imbabura)	Andes del Norte	235 °C (pozo PEC-1, 1987 m)	Pozo profundo exitoso, lista segunda fase con 5 pozos + planta 5 MWe (en pausa por financiamiento JICA)	No
Chacana - Jamanco	Andes del Norte	>200 °C aprox.	Prefactibilidad, pendiente perforación profunda	No
Chacana - Cachiyacu	Andes del Norte	>200 °C aprox.	Prefactibilidad, pendiente perforación profunda	No
Tufiño - Chiles (Carchi)	Andes del Norte	87 °C en surgencia; >200 °C en reservorio	Listo para perforación profunda	No
Chalpatán (Carchi)	Andes del Norte	100 °C-150 °C aprox.	Prospecto de baja entalpía, orientado a usos directos. Listo para perforación profunda	No
Chalupas (Cotopaxi)	Andes del Norte	>200 °C	En espera de financiamiento para prefactibilidad	No
Chimborazo	Andes del Norte	>200 °C	Reconocimiento, sin perforación	No
Chacana - Oyacachi (Napó)	Andes del Norte	Alta entalpía	Reconocimiento, pendiente estudios	No
Baños de Cuenca (Azuay)	Andes del Sur	100 °C-140 °C	Estudios gravimétricos y MT (IIGE).	No
Guapán (Cañar)	Andes del Sur	50 °C en manantial	Prefactibilidad temprana	No
Alcedo (Isabela, Galápagos)	Hot Spot Galápagos	260 °C-320 °C (geotermometría de gases)	Reconocimiento avanzado; gran potencial (150 MWe), restringido por conservación	No
Costa - Salango/Agua Blanca	Forearc Costa	40 °C -60 °C	Manantiales termales, potencial bajo, uso directo	No
Costa - Ancón (Santa Elena)	Forearc Costa	86 °C (pozo petrolero, 4899 m)	Reutilización de pozos petroleros	No
Oriente - ITT/ Capirón-Tiputini	Foreland Oriente	-85 °C (coproducción petróleo, 200.000 bbl/d agua caliente)	Gradientes de hasta 88°C/km; gran potencial en pozos abandonados	No
Oriente - Napo-Cutucú (Sumaco)	Foreland Oriente	Vulcanismo alcalino activo	Reconocimiento; posibilidad de sistemas profundos	No

## Biomasa

El término biomasa se refiere a todo material orgánico biodegradable derivado de plantas, animales, o microorganismos (UNFCCC, 2005), que tiene potencial de uso como fuente de energía renovable y/o bioproductos. Entre estos materiales se incluyen la madera y sus residuos,

cultivos agrícolas y residuos de su cosecha y procesamiento, residuos municipales orgánicos y desechos animales, entre otros. La expresión “biomasa lignocelulósica” es comúnmente empleada para describir residuos que contienen celulosa, hemicelulosa y lignina en su constitución química. Otros materiales como los aceites vegetales, semillas y vegetales, por ejemplo, se incluyen en la categoría de carbohidratos. El término biomasa también incluye gases y líquidos producidos durante la descomposición de materiales orgánicos biodegradables (Basu, 2010). En este capítulo no se mencionan ni incluyen materiales cuyo uso es destinado al consumo humano.

La Tabla 8 muestra una propuesta de subclasificación de la biomasa tomando como criterio su origen. En la referida tabla se usa con frecuencia la palabra “residuo” en vez de basura, con la finalidad de hacer énfasis en que los materiales lignocelulósicos poseen cierto valor económico actual o potencial, a diferencia de lo que la basura en sí pueda tener. El término residuo probablemente tampoco describe de mejor forma todos los materiales analizados y en algunos casos hubiera sido preferible usar “subproducto”. Sin embargo, se usa “residuo” para simplificar el uso de términos.

**Tabla 8**

*Clasificación y subclasificación de la biomasa de acuerdo con su origen (Basu, 2010)*

		Biomasa forestal
Biomasa natural	Biomasa terrestre	Hierbas
		Plantaciones con fines energéticos
	Biomasa acuática	Algas
Biomasa residual		Otras plantas acuáticas
	Residuos municipales	Residuos sólidos municipales
		Aguas servidas
		Gas producido en rellenos municipales
	Residuos agrícolas sólidos	Residuos ganaderos
		Residuos de cosechas agrícolas
	Residuos forestales	Cáscara, hojas, ramas de árboles
	Residuos de la industria de muebles de madera	
	Residuos industriales	Residuos de demolición de estructuras de madera
		Aceites y grasas vegetales

El uso de la biomasa para la producción de energía persigue normalmente obtener combustibles: líquidos (etanol, biodiesel, metanol, aceite de pirólisis, aceite vegetal, gasolina verde), sólidos (carbón vegetal, biomasa torreficada), o gaseosos (biogás, metano, gas sintético obtenido mediante gasificación) (Basu, 2010).

La biomasa lignocelulósica es con frecuencia considerada neutral en las emisiones de CO<sub>2</sub>, debido a que las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en su combustión son aprovechadas para el crecimiento de las plantas durante la fotosíntesis. Toda fuente de biomasa lignocelulósica (y la madera en particular) está constituida de componentes estructurales (celulosa, hemicelulosas y lignina) y componentes no estructurales (polisacáridos de almidón, proteínas, componentes orgánicos solubles en agua y componentes inorgánicos) en menor porcentaje (Manuel Peláez, 2015). Típicamente, el contenido de estos componentes es de 40 a 50 % de celulosa, 20 a 30 % de hemicelulosa, 10 a 25 % de lignina. Algunas biomásas (principalmente de origen acuático) como las algas también tienen alto contenido de proteína y lípidos. La celulosa es un polímero de alta resistencia mecánica que sirve de soporte y da estructura a las plantas y constituye el polímero natural más abundante en la naturaleza; las hemicelulosas tienen una estructura compleja y son menos resistente térmicamente, como resultado de la presencia de muchos tipos de azúcares diferentes; la lignina es un compuesto formado por tres unidades de fenoles propanoicos principales: p-hydroxi-fenol (H), guaiacol (G) y siringol (S). La lignina es responsable de la presencia de aromáticos en los productos de la degradación térmica de la biomasa y provee a las plantas de color, así como sirve de agente protector de las plantas frente a microbios y provee durabilidad. Los extractivos son moléculas pequeñas que dan a las plantas olor y son también responsables de la defensa contra el ataque de micro-organismos.

### ***Tecnologías para la conversión de biomasa***

Las posibilidades de aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos y no energéticos son diversas: a) mediante el empleo de procesos de conversión de la energía de la biomasa en calor y/o electricidad, b) mediante la conversión en otra forma de energía en estado líquido (por

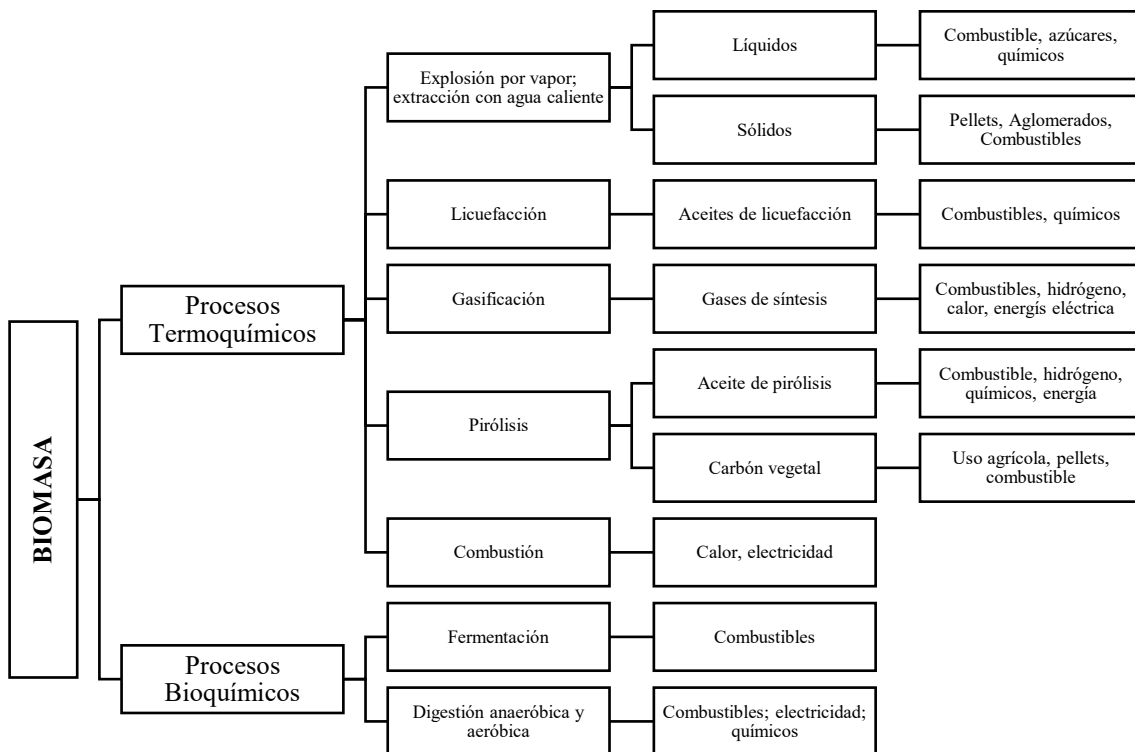
ejemplo, etanol, biodiesel, aceite de pirólisis, etc.) o gaseoso (tales como gases de síntesis o biogás), c) mediante la fabricación de aglomerados y compuestos de madera y fibras naturales.

Los procesos para obtener energía se pueden dividir en termoquímicos y bioquímicos.

Los procesos termoquímicos abarcan combustión, torrefacción, gasificación, pirólisis, licuefacción, extracción con agua caliente y explosión con vapor. Los procesos bioquímicos incluyen la fermentación, digestión anaeróbica (DA) y la hidrólisis enzimática, usados normalmente para producir combustibles líquidos, todos estos procesos pueden observarlo en la siguiente figura.

**Figura 19**

*Procesos de conversión de la biomasa y principales productos/aplicaciones*



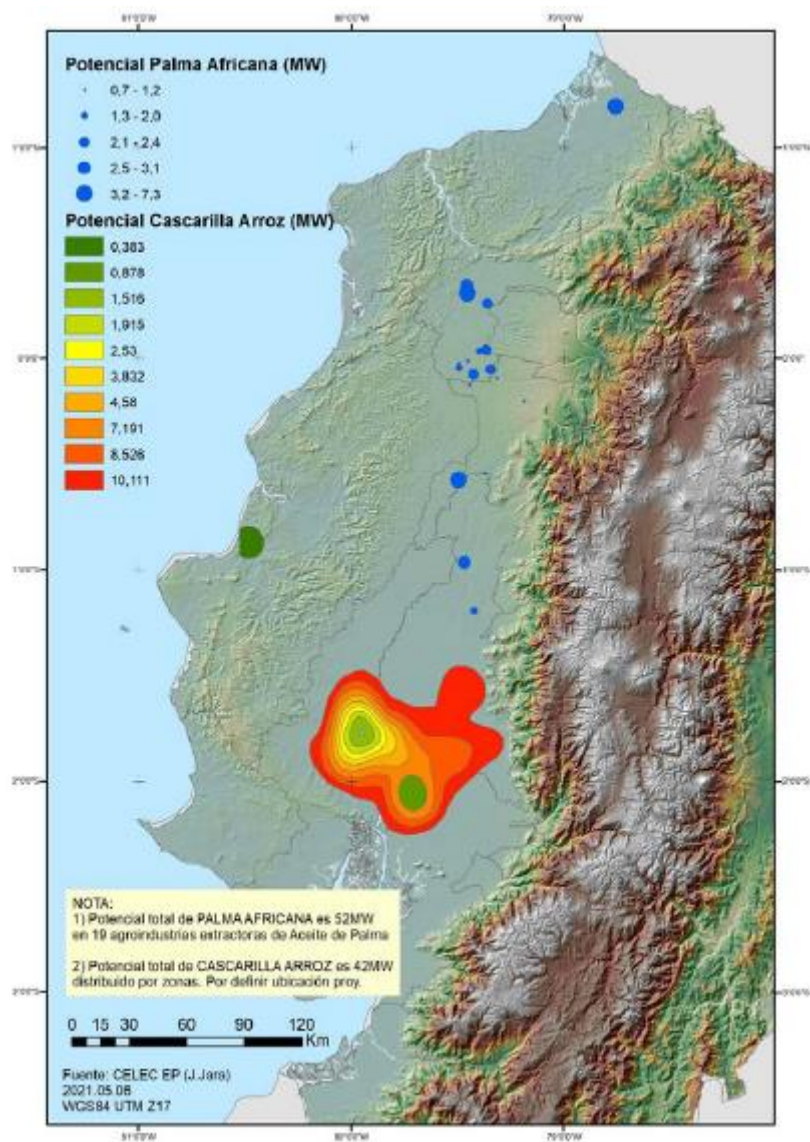
### ***Potencial de biomasa en el Ecuador***

En el año 2015, el ex Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, realizó el primer “Atlas Bioenergético” del país con el cual, se identificó un potencial bruto cercano a 1000 MW mediante el aprovechamiento de los residuos biomásicos de la agroindustria, pecuarios y forestales que totalizan más de 18 millones de toneladas, mediante tecnologías modernas de aprovechamiento de la biomasa basadas en procesos termoquímicos (combustión, gasificación, pirólisis) y biológicos (biodigestor).

Sin embargo, este potencial teórico bruto requiere ser profundizado para identificar el potencial factible para la producción de electricidad desde el punto de vista técnico y económico. En este sentido, en el año 2019, se obtuvo una cooperación no reembolsable del proyecto “Mecanismos y redes de transferencia de tecnología relacionada con el cambio climático en América Latina y El Caribe”, financiado y ejecutado por GEF-BID-Fundación Bariloche. Con esta cooperación se estudiaron los dos residuos agroindustriales más abundantes, la palma africana y cascarilla de arroz, con lo cual se identificó un potencial instalable de más de 100 MW distribuidos principalmente en la región Costa, con centrales de generación de mediana y pequeña potencia (5-15 MW) con lo que se fomentaría adicionalmente la generación distribuida cerca de los centros de gran consumo. La siguiente figura muestra el mapa de potencial bioenergético de palma africana y cascarilla de arroz.

#### **Figura 20**

*Mapa de potencial bioenergético de palma africana y cascarilla de arroz*



## BIBLIOGRAFÍA

- Estado de la energía geotérmica en el Ecuador*, (12 de Diciembre de 2025). Quito, Ecuador.
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, R. N.-0. (2020). Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica. *Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables*. Ecuador.
- B. Beate, M. U. (2023). *Geothermal Country Update Ecuador 2020–*. Shanghai, China.
- Basu, P. (2010). *Biomass Gasification and Pyrolysis, Piratical Design and Theory*. Elsevier, USA.
- Carta González José Antonio, C. R. (2009). *Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN. S.A.
- CELEC. (2025). Corporación Eléctrica del Ecuador. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/la-empresa/>
- CENACE. (28 de Febrero de 2019). *Rendición de cuentas 2018*. Quito, Ecuador: Gobierno Nacional.
- CONELEC. (2008). *ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA*. Quito: Corporación para la Investigación Energética.
- D. López, M. G. (2018). *Geothermal development in Latin America: Current status and future*. Renew. Energy.
- D.H.Freeston, J. y. (2023). *World-wide direct uses of geothermal energy 2020*. Geothermics.
- Energético, I. d. (Agosto de 2025). *Balance Energético Nacional 2024*. Quito, Ecuador: Ministerio de Ambiente y Energía.
- EP, C. d. (2023). *Folleto Geotérmico Chachimbiro*. Quito, Ecuador.
- Glover, J. D., Sarma, M., & Overbye, T. (2017). *Power system analysis and design (6th ed.)*. Boston, Estados Unidos.
- IEC, I. E. (2018). *IEC 61000 series: Electromagnetic compatibility. IEC. IEC, 2018*. Geneva, Switzerland.
- IEEE, I. o.-2. (2019). *IEEE recommended practice for monitoring electric power quality*. New York, Estados Unidos.
- IIGE. (2021). *Informe técnico sobre el uso de bombas de calor geotérmicas para climatización*. IIGE.
- Manuel Peláez, J. E. (2015). *Energías renovables en el Ecuador*. Cuenca, Ecuador: Universidad de CUenca.
- Ministerio Energía, M. (2024). *Plan Maestro de Electricidad 2023-2032. Primera*. Quito, Ecuador: Digital Center S.A.
- OLACDE. (Diciembre de 2025). *PANORAMA ENERGÉTICO DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE 2025*. Quito: CÍRCULO PUBLICITARIO.

- OLADE. (2017). Manual de Estadística Energética. Quito, Ecuador: BID.
- OLADE. (2017). Manual de Planificación Energética. Quito: OLADE 2017.
- SINOHYDRO. (s.f.). Obtenido de <https://sinohydroecuador.com/la-hidroenergia-es-un-pilar-fundamental-del-ecuador/>
- UNFCCC. (2005). *Convención Marco sobre el Cambio Climático*. Canadá.
- Urquiza, B. B. (2015). Actualización del estado de la geotermia en Ecuador. Asociación Geotérmica.

# SUCRE



ISBN: 978-9942-590-15-2



 SUCREInstitutooficial  @SUCREInstituto  @SUCREInstituto