

ESTADO ACTUAL DE LA GEOTERMIA EN LA REGIÓN DE LOS PAÍSES MIEMBROS DEL SICA

2021



Consejo de Ministros de Energía del SICA

Grupo Técnico de Geociencias (GTG)

ESTADO ACTUAL DE LA GEOTERMIA EN LA REGIÓN DE LOS PAÍSES MIEMBROS DEL SICA

2021

Autores:

Belice: Kayla Gabourel, Trisha G. Fitzpatrick, Jasón D. Fisher;

Costa Rica: Eddy Sánchez, Anyela Murillo, Alberto Chaves, Leonardo Solís;

El Salvador: Elizabeth Henríquez, Francisco Montalvo, Jennifer Aguilar, Adrián Mayén;

Guatemala: Gustavo Maeda, Gabriel Velásquez, José Gabriel Aguilar;

Honduras: Cristian Irías, Diana Solís;

Nicaragua: Juana Ruíz, Julio Martínez, Robertha Quintero, Harold Madriz, Gioconda Guevara, Lucrecia Cruz, Kelym Martínez, Lisbeth Herrera;

Panamá: Diomedes González;

República Dominicana: Yenny Rodríguez, Omar García, Luís Fondeur, Edwin Rafael García, Hamlet Bergés, Australia Ramírez, Berenice Matías, Julio Bautista, Modesto Martínez, Jesús Rodríguez, Freddy Durán, Kenny Agramonte;

BGR:

Sulamith Kastl; Guillermo Chávez (Proyecto Yacimientos II); Consultor: Wilmer A. Henriquez B.

Se agradece la colaboración de:

UCE-SGSICA con Carmen Padilla, Mario Villalobos, Miguel Calderón, tanto como a Dayane Ocampo y Florian Brückner.

© Este documento fue elaborado con el apoyo del Proyecto Yacimientos II implementado por el Instituto Federal de Geociencia y Recursos Naturales (BGR) en el marco de la Cooperación Alemana, financiado por el Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania. No se permite la reproducción total o parcial con fines de lucro. Se permite la reimpresión y la copia completa y/o parcial, sin fines de lucro y sin alterar los contextos y contenidos, dando crédito a los autores. El producto es una recopilación de información de distintas fuentes, todo el contenido es sujeto de actualización. Todos los datos representan el estado de conocimiento hasta finales del año 2021. El uso de la información queda bajo la responsabilidad propia del usuario.

Índice

Prólogo.....	4
---------------------	----------

I. Estado de la Geotermia en la Región SICA.....	6
---	----------

A. Antecedentes.....	6
1. La estrategia regional de energía y su prospectiva.....	10
B. Estructura Institucional Regional.....	13
C. Recursos geotérmicos de la Región SICA.....	15
D. Conclusiones.....	17
E. Referencias.....	19

II. Estado de la Geotermia a nivel de los países miembros del SICA.....	20
--	-----------

Belice.....	20
Costa Rica.....	30
El Salvador.....	45
Guatemala.....	60
Honduras.....	73
Nicaragua.....	88
Panamá.....	103
República Dominicana.....	115

Cada capítulo contiene los siguientes acápitos:

- A. Antecedentes
- B. Matriz energética nacional y prospectiva
- C. Políticas públicas y marco regulatorio
- D. Estructura Institucional para el desarrollo de la Geotermia
- E. Inventario de los Recursos Geotérmicos
- F. Capacidad técnica para la exploración Geotérmica
- G. Programas de educación e investigación en Geotermia
- H. Desafíos y Oportunidades
- I. Referencias

III. Anexos.....	126
-------------------------	------------

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica.....	127
Inventario Regional SICA.....	143

Prólogo

Los recursos geotérmicos representan para la región una de las mayores riquezas de recursos renovables existentes. Nada más en la región centroamericana se cuenta con alrededor de 75 volcanes y más de 1,100 fuentes conocidas de agua termal. Sin duda alguna, esta gran capacidad de recursos permite a la región posicionarse como uno de los desarrolladores principales de energía a través de las fuentes renovables para la generación de electricidad.

Un denominador común en los países miembros del SICA es la alta dependencia a los combustibles fósiles importados. Por ello, la promoción de energías renovables como la hidroenergía, el viento, sol, biomasa y geotermia podría permitir a los países de la región reducir el uso de los combustibles fósiles del exterior y trazar el camino hacia una transición energética sostenible.

Desde hace más de 10 años, la región ha adquirido el compromiso de enfocar sus esfuerzos para potenciar aún más el tema de las energías renovables y la eficiencia energética, sobre todo al tomar conciencia sobre cuanto se puede contribuir al medio ambiente y al desarrollo de los países miembros del SICA al emplear recursos como la geotermia. Para el año 2019 la geotermia representó en promedio 7.7% de la producción de electricidad de los países centroamericanos.

Además de la alta confiabilidad y capacidad de ofrecer potencia firme con altos factores de carga, la geotermia representa una tecnología con bajo impacto ambiental. A diferencia de otros recursos renovables, no se ve afectada (salvo en forma indirecta) por las variaciones meteorológicas y el cambio climático. La innovación, el desarrollo tecnológico y los esquemas de financiamiento han posibilitado reducir los costos y los riesgos en exploración y explotación de esta tecnología.

La política energética regional, expresada en la Estrategia Energética Sustentable 2030 (EES-SICA 2030), muestra el especial interés para la región la diversificación de su matriz energética con fuentes de energía limpia, por lo que se busca la promoción de la inversión en infraestructuras energéticas y tecnologías limpias, así como el incremento de la participación de las fuentes autóctonas, en especial las referentes a la geotermia.

Como región se ha reiterado el profundo compromiso en la lucha contra el cambio climático y la promoción de un mayor despliegue y participación de las energías renovables no convencionales (ERNC), especialmente las tecnologías geotérmicas.

El presente documento titulado Estado Actual de la Geotermia en la Región de los Países Miembros del SICA 2021 es un esfuerzo de trabajo que ha estado bajo la supervisión del

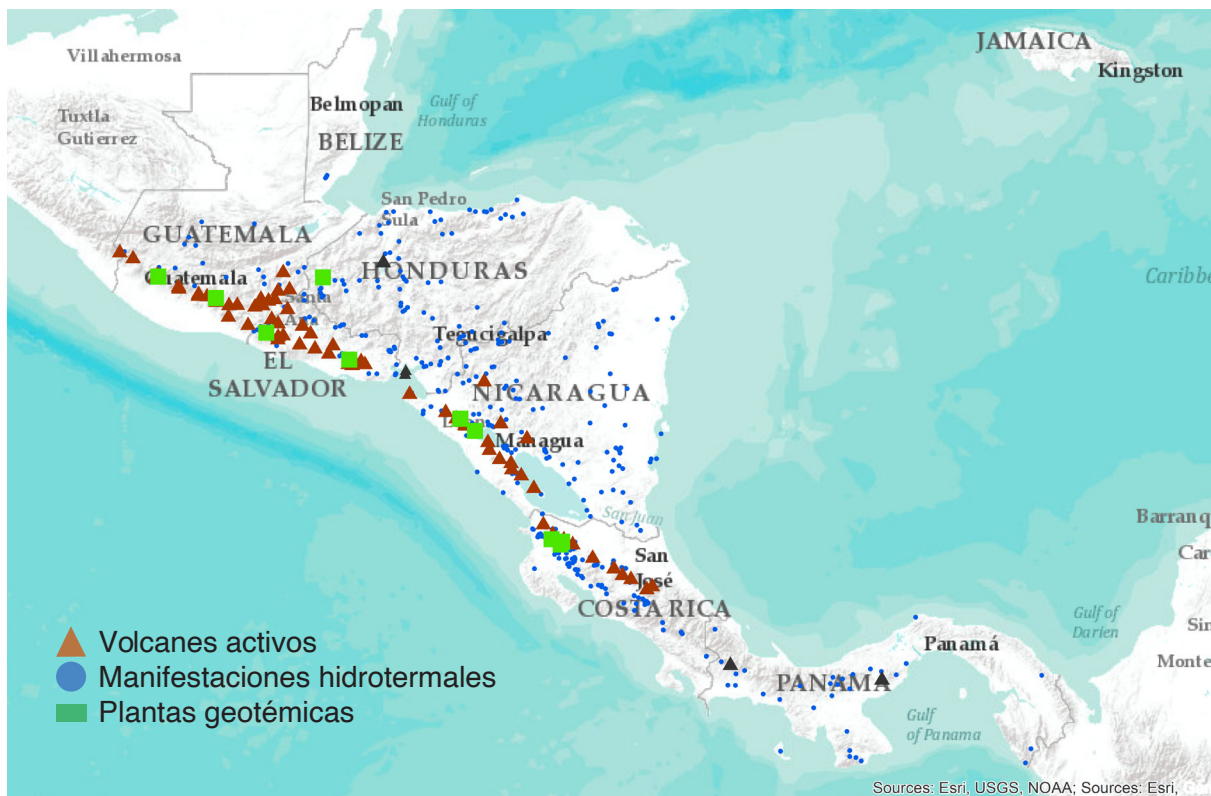
Grupo de Técnico de Geociencias (GTG) del Consejo de Ministros de Energía (CME) del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) y tiene como fin último, el consolidar un documento único que describa de manera general el estado de situación de la geotermia a nivel regional y también en específico para cada uno de los países miembros del SICA.

Por ello, este trabajo reviste de una importancia estratégica para la agenda de trabajo del Consejo de Ministros de Energía (CME) del SICA, puesto que pone a disposición un diagnóstico sobre la situación actual de la geotermia en la región, el cual permite consolidar una base de información sólida para futuras planificaciones de trabajo en el sector de la geotermia a nivel regional y nacional que eventualmente contribuyan a la consecución de los objetivos y metas establecidas dentro de la EES-SICA 2030, así como la potenciación de complementariedades y sinergias entre los países para el cumplimiento del ODS 7 de la Agenda 2030, el Acuerdo de París sobre cambio climático y la Alianza para el Desarrollo Sostenible (ALIDES).

*Unidad de Coordinación Energética
Sistema de la Integración Centroamericana (UCE-SICA)*

I. Antecedentes

Debido a su ubicación en la zona del Cinturón de Fuego del Pacífico, Centroamérica presenta una faja volcánica cuaternaria que comprende aproximadamente 40 volcanes mayores, como elementos importantes característicos de la región, extendiéndose con más de 1000 km de longitud desde Guatemala al centro de Costa Rica (Mapa 1; Bundschuh y Alvarado 2007). Consecuentemente el istmo centroamericano hospeda la mayor cantidad de yacimientos geotérmicos de alta entalpía identificados en la región. En algunos países de la región SICA, incluyendo la República Dominicana el potencial geotérmico se relaciona con la circulación de fluidos a través de fallas profundas, alejadas de los sistemas magmáticos tradicionalmente asociados con la geotermia en Centroamérica (Finch, 1987). Además, existen algunas áreas, donde la situación climática favorece la aplicación de bombas de calor geotérmico y Ground Source Heat Pumps (GSHP).



Mapa 1: Ubicación de manifestaciones, volcanes activos y plantas geotérmicas en Centroamérica, (Fuente: Esri, USGS, NOAA. Elaboración propia 2021).

Las investigaciones geotérmicas más tempranas a nivel regional que aportaron a la cuantificación del potencial geotérmico en Centroamérica comenzaron en los años 60's del siglo pasado en algunos países miembros del SICA, con el apoyo de la cooperación internacional. La etapa más intensa de investigación científica fue en los 80s y se concentró sobre todo en mapeos y primeros estudios geoquímicos. El descubrimiento de los beneficios de las aguas termales en si es más antiguo y se remonta hasta la historia precolombina (Alvarado y Vargas, 2017). Belice es el único país centroamericano que no comparte esta historia de investigación y recientemente inició sus primeros estudios sobre sus recursos geotérmicos.

Los demás países se diferencian en la forma de como se aprovecharon estas investigaciones. Mientras que en la República Dominicana y Panamá los estudios no resultaron en planes de desarrollo geotérmico, países como Nicaragua, Guatemala y El Salvador construyeron las primeras plantas geotérmicas y definieron zonas geotérmicas para la planificación energética a nivel nacional. La primera planta geotérmica de la región que entró en operación en 1974 es Ahuachapán en El Salvador. Costa Rica posee con Pailas II, la planta geotérmica más reciente de la región con reconocimiento mundial por su concepto innovador y ambiental, y el país hoy en día es uno de los líderes de la región SICA en la aplicación geotérmica para la generación eléctrica.

A pesar de la larga historia de desarrollo geotérmico, la región no comparte una definición del término “Geotermia”, y las definiciones varían de institución a institución. Geotermia en algunos miembros del SICA se delimita al objetivo de generación eléctrica y la necesidad de regular el sector al respecto. En la legislación geotérmica de Costa Rica por ejemplo, se refiere a altas temperaturas y presiones. En otros países no existe ninguna definición legal al respecto, esto deja un margen de inseguridad legal. Hay que destacar que la definición de parámetros cuantitativos referente a los recursos geotérmicos son indispensables para facilitar su administración y regulación de actividades relacionadas.



Foto 1: La central más antigua de la región SICA Ahuachapán (1974) con la “Unidad 1” de 30 MW. (Fuente: LAGEO)

Las estrategias y priorizaciones para el desarrollo geotérmico a nivel de los países miembros del SICA mayormente se basan todavía en las mismas investigaciones antiguas y carecen de esfuerzos de su actualización.

Debido al predominio de yacimientos geotérmicos profundos identificados de alta entalpía en los países líderes en geotermia de la región, la mayoría de las plantas en la región del SICA son de tipo tecnología flash. No obstante, también hay experiencias de plantas binarias que aprovechan fluidos de menor entalpía. La más moderna de este tipo es Geoplatanares en Honduras, que fue inaugurada en 2017. En total, existen 14 plantas geotérmicas en la región y aproximadamente 24 áreas de interés geotérmico en exploración considerados en planes nacionales.

Año	País	Nombre	Tecnología	Potencia
1974	El Salvador	Ahuachapan	Flash	95
1983	Nicaragua	Momotomb o	Flash	77.5
1994	Costa Rica	Miravalles I	Flash	55
	Costa Rica	UBP-29	Contrapresión	5
1998	Costa Rica	Miravalles II	Flash	55
1999	El Salvador	Berlín	Flash	109.4
	Guatemala	Orzunil	Binaria	24
2000	Costa Rica	Miravalles III	Flash	29.5
2003	Costa Rica	Miravalles V	Binaria	10
2006	Guatemala	Ortitlán	Binaria	25.2
2011	Costa Rica	Pailas I	Binaria	42.5
2013	Nicaragua	San Jacinto - Tizate	Flash	77
2017	Honduras	Platanares	Binaria	35
2019	Costa Rica	Pailas II	Flash	55
			Total	695.10

Tabla 1: Plantas Geotérmicas en operación en la Región SICA (elaboración propia según EES-SICA, 2030)

En los inventarios geotérmicos existentes en los países miembros del SICA están registrados más de mil manifestaciones hidrotermales, pero se sospecha que existe un número alto de aguas termales aun no indentificados en la región. Un aproximado de 29% de las manifestaciones tiene temperaturas mayores de 50°C en la superficie, que implica un potencial de geotermia somera para el uso de calor en la agroindustria (Gráfico 1) por ejemplo. No obstante, el análisis resulta en una cantidad alta de aguas termales que carecen de datos físicos para poder clasificar su potencial su uso. Una actualización en este sentido y una estandarización de los inventarios es un esfuerzo necesario para poder crear una perspectiva regional y nacional para el Uso Directo geotérmico.

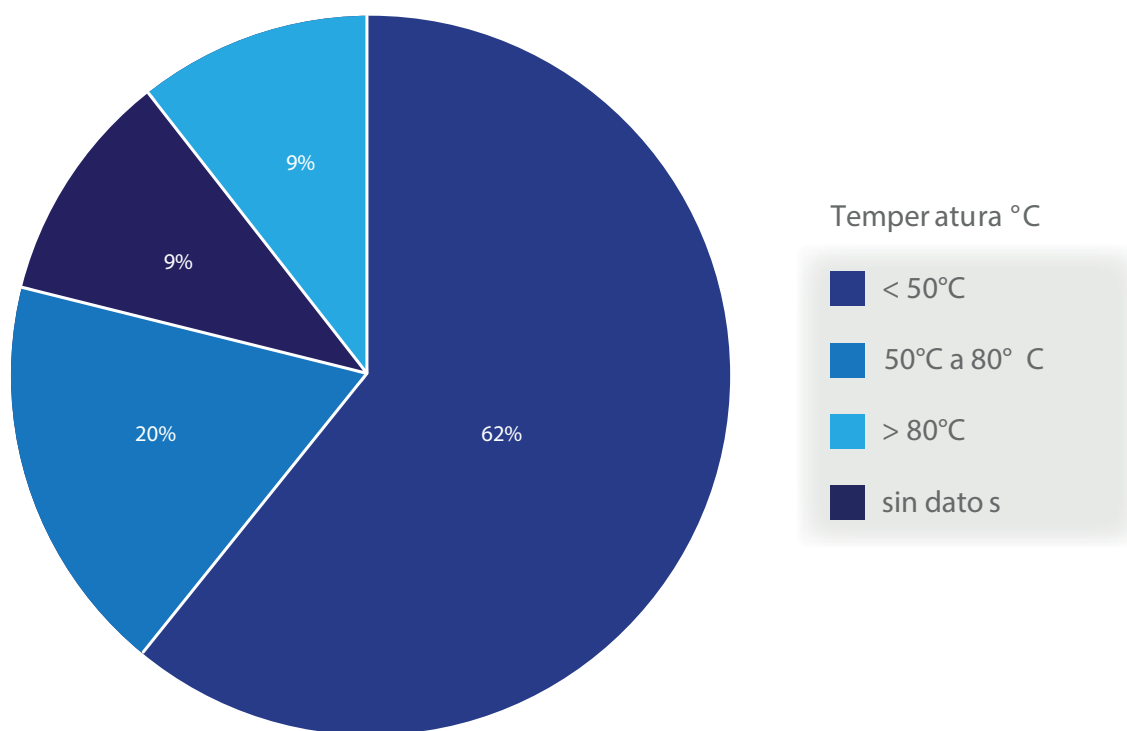


Gráfico 1: Manifestaciones Hidrotermales por rangos de temperatura (en porcentaje), (Elaboración propia, 2021)

En toda la región SICA las aguas termales tienen un uso reconocido para fines recreativos y de salud. En forma comercial los recursos geotérmicos hasta el momento se aprovechan solamente en Guatemala. El Salvador ha desarrollado varios prototipos de aplicación que se han convertido en proyectos sociales exitosos administrados por la organización FUND-AGEO, una fundación de la empresa estatal geotérmica LAGEO. Hay esfuerzos de investigación a nivel regional en todos los países miembros del SICA referente a la evaluación del potencial de su aprovechamiento para el desarrollo local, incluyendo iniciativas para generar proyectos de Uso Directo. Para ello, experiencias de Guatemala y El Salvador pueden servir como modelos.

Desde 2018 existe una iniciativa para generar una base de información regional y fomentar el desarrollo de proyectos geotérmicos de Uso Directo a través de una plataforma que publica mapas de favorabilidad. Aparte de la necesitada de crear un sistema de comunicación interconectado entre instituciones responsables, un desafío de esta iniciativa es el desarrollo de capacidades necesarias para crear y mantener el sistema informático relacionado.

Con el fin de enfrentar la brecha significativa de las capacidades entre los países miembros del SICA para la exploración y el desarrollo geotérmico, tanto como para crear un ente de comunicación entre el nivel político y técnico, el SICA ha creado el Grupo Técnico de Geociencias (GTG) en 2018 como grupo asesor para el Consejo de Ministros de Energía (CME) de la región.



Foto 2: Secado de Pina en el Proyecto de San Michkael y Cocinando Elotes en Agua Termal en San Ignacio Honduras (Fuente: Proyecto San Michkael, 2021 y SEN, 2020)

Como primeros resultados, en 2021 el GTG acordó dos guías técnicas en el ámbito de exploración geoquímica que fueron aprobadas por el CME en 2021 y quedan a disposición para entidades de exploración y desarrollo de recursos geotérmicos. Además, el GTG se involucró en la aplicación de la clasificación marco de las Naciones Unidas con las especificaciones para los recursos geotérmicos (CMNU). Desde 2020 el GTG se capacitó en la temática y tiene en su plan operativo actual, la aplicación y verificación de esta herramienta con el objetivo de evaluar una recomendación de uso a nivel regional en proyectos geotérmicos para crear una herramienta de información en común, que permite la comparación de proyectos geotérmicos a nivel de la región SICA.

A parte del GTG que beneficia a la región a través de un ambiente de intercambio y transferencia de experiencia, Centroamérica cuenta con un Centro de Capacitación Profesional en El Salvador que ofrece un Diplomado de Geotermia para países de América Latina, apoyado por la Cooperación Internacional (Islandia). Dicho Diplomado y la cooperación al respecto es un esfuerzo de LAGEO. Podría beneficiarse la región, implementando una estrategia de formación regional para el desarrollo de capacidades técnicas en geotermia aprovechándose del diplomando existente.

La estrategia regional de energía y su prospectiva

Considerando la matriz eléctrica regional, la región centroamericana es la región con mayor desarrollo de energías renovables en Latinoamérica (Olade, 2021). No obstante, en 2020 la geotermia solamente ha contribuido con un 6.13% en la capacidad instalada de la región SICA y con 3.04% en la generación eléctrica.

Teniendo en cuenta la dependencia de la región a energías de diversas fuentes, importaciones y siendo la hidroelectricidad vulnerable al cambio climático; llama la atención que la geotermia tiene una participación limitada en las matrices energéticas. Considerando las ventajas de esta fuente de energía para tener impacto significativo a la soberanía y seguridad energética a través de la calidad de energía con factores de planta altos y capacidad de carga base, se requiere un análisis más profundo de las razones para esta situación.

La Estrategia Energética Sustentable 2030 de los Países del SICA (EES-SICA 2030) propone un conjunto de acciones regionales para guiar el desarrollo sostenible de los países que conforman la región referida, cumpliendo con los compromisos internacionales y regionales, especialmente los que atañen al sector energía en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, el Acuerdo de París sobre cambio climático y la Alianza para el Desarrollo Sostenible (ALIDES). La EES-SICA 2030 reconoce las bondades de la tecnología geotérmica como su alta confiabilidad y capacidad de ofrecer potencia firme con altos factores de carga, y representando una tecnología con bajo impacto ambiental.

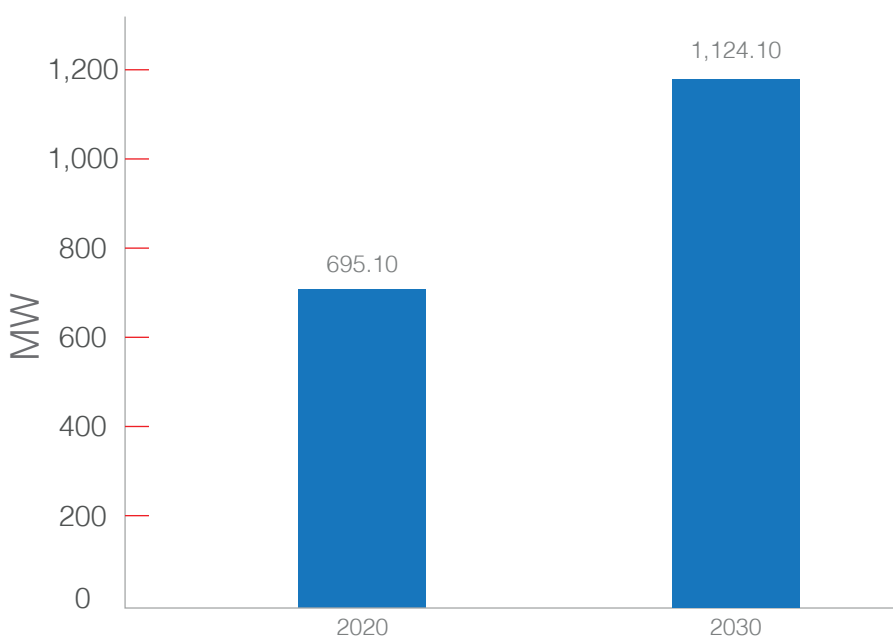


Gráfico 2: Aumento de la capacidad instalada geotérmica al 2030 (Elaboración propia según EES-SICA 2030 y Planes nacionales)

A pesar de las fortalezas de la geotermia para la seguridad y soberanía energética, esta tecnología tiene un menor dinamismo en desarrollo de proyectos que otras fuentes renovables siendo de menor difusión en el mundo por la localización de los recursos y el “riesgo minero” (World Bank Group, 2016). La geotermia está llamado a jugar un papel importante y fundamental en el desarrollo del sector energético en los países miembros del SICA incluyendo consideraciones de usos directos de la geotermia a la perspectivas de desarrollo. En este contexto es importante mencionar, que por medio de lo planes indicativos de expansión de generación de los países miembros del SICA, se indica el crecimiento proyectado al año 2030 de la capacidad instalada de plantas geotérmicas en la región Centroamerica a más de 1,100 MW (Gráfico 2) partiendo de una capacidad instalada actual que alcanza 708 MW.

Además de la producción de electricidad, la geotermia ofrece muchas oportunidades de aprovechamiento del calor geotérmico para aplicaciones de Uso Directo, incluyendo el uso de aguas termales superficiales y geotermia somera. Las aplicaciones más conocidas en la región tienen fines recreativos, turísticos y médicos. También la utilización de aguas termales hervientes están conocidos en algunas comunidades de la región para su uso en la preparación de alimentos, sin preconditionamiento tecnológico. El potencial de aplicaciones geotérmicas agroindustriales, industriales y residenciales entre otros (Gráfico 3) queda poco explotado.

La región del SICA no ha desarrollado instrumentos políticos en común para la regulación y promoción de la geotermia. No obstante, los países en Centroamerica han emitido instrumentos propios legales de regulación y políticas públicas que de forma directa o indirecta permiten el desarrollo geotérmico en territorios nacionales.

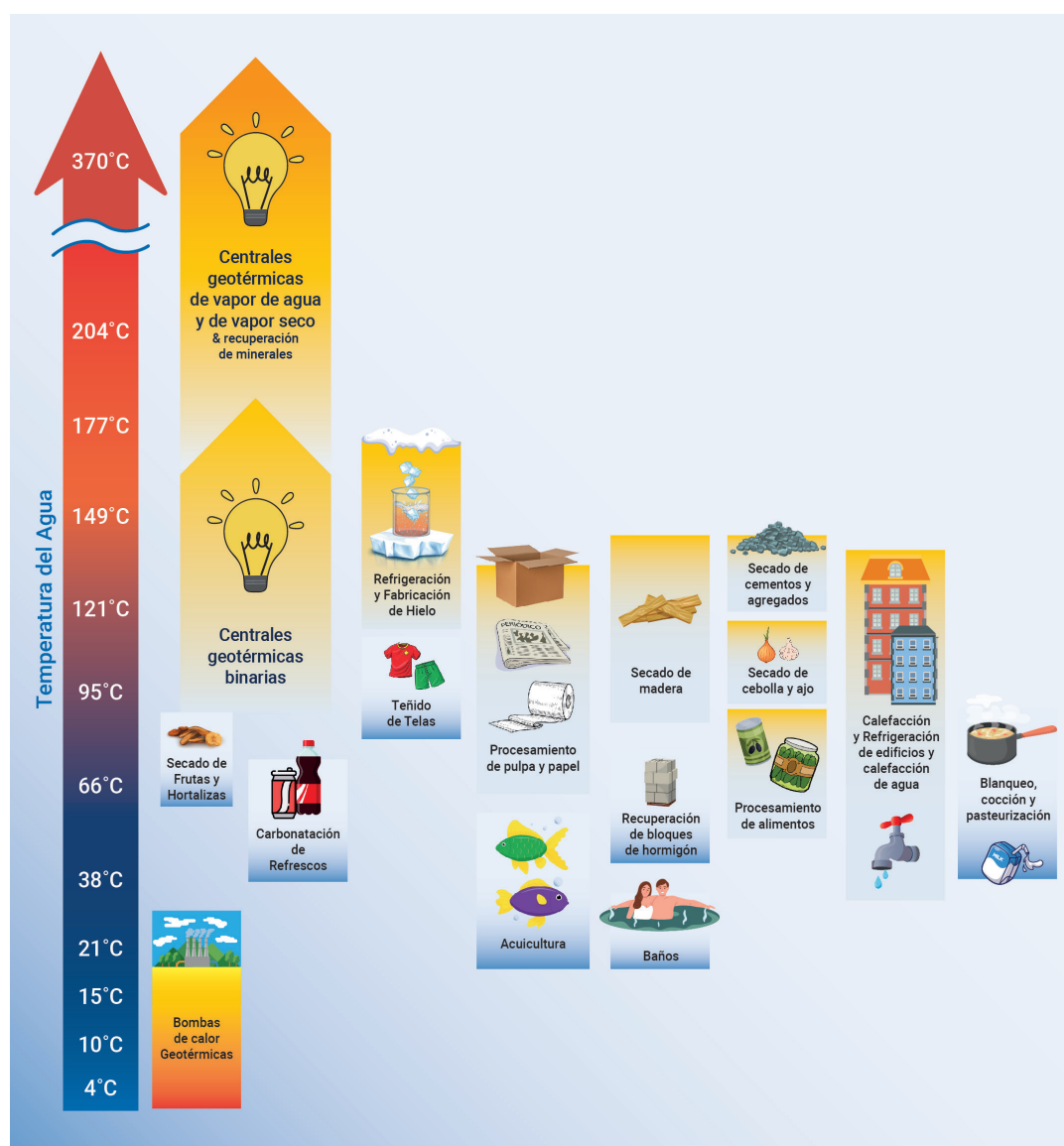


Gráfico 3: Usos Potenciales de Calor Geotérmico (Diagrama Modificado de Lindal, 1973)

Algunos países cuentan con una regulación específica para la promoción de la geotermia, como Costa Rica, El Salvador y Nicaragua, con enfoque en el aprovechamiento del recurso geotérmico para la producción de energía eléctrica. Panamá es el único país que tiene considerado el Uso Directo geotérmico en su marco legal, mientras que los instrumentos políticos vigentes de Belice y República Dominicana no lo consideran.

II. Estructura Institucional Regional

En el año 1991, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá constituyeron el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) como marco institucional de la Integración Regional de Centroamérica, a través de la suscripción del Protocolo de Tegucigalpa, el cual reforma la Carta de la Organización de Estados Centroamericanos (ODECA). Posteriormente, se adhirieron como Estados miembros: Belice en el año 2000 y República Dominicana en el año 2013.

Uno de los instrumentos claves del SICA en el ámbito energético es la Estrategia Energética Sustentable 2030 (EES-SICA 2030). La Geotermia como energía renovable forma parte del pilar “Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgos”. Los temas referentes a recursos geotérmicos (y en general los temas energéticos) se encuentran bajo la rectoría sectorial del Consejo de Ministros de Energía (CME) del SICA, el cual tiene como secretaría técnica y administrativa a la Secretaría General del SICA (SG-SICA) a través de su Unidad de Coordinación Energética (UCE-SGSICA).

En el año 2019, el CME aprobó la creación del Centro Regional de Energía Renovable y Eficiencia Energética del SICA (SICREEE) en respuesta a las necesidades que enfrenta la región en el sector de energía sustentable (ONUDI, 2016). Para iniciar una fase piloto desde el año 2021, se recibió el apoyo de la Agencia de Desarrollo Austriaca (ADA) y Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

El SICREEE contribuye en la promoción de la energía renovable y eficiencia energética a nivel regional para la implementación de proyectos transformadores en sectores industriales, comerciales, servicios y sectores residenciales, que apoyen el mercado de tecnologías innovadoras. Asimismo, apoya y ejecuta acciones y actividades a nivel nacional, multi país y/o regional. En este sentido, se considera que el involucramiento del SICREEE para el tema de geotermia contribuirá al mejor aprovechamiento de los recursos geotérmicos en los países miembros del SICA.

Siguiendo el ejemplo de la constitución de otros grupos técnicos del Consejo de Ministros de Energía (CME) del SICA, en 2018 se creó el Grupo Técnico de Geociencias (GTG), bajo resolución CME 012018, cuyo objetivo es el intercambio y análisis específicamente en la

exploración geotérmica para asesoramiento técnico a los tomadores de decisión en el SICA. El GTG es un medio idóneo donde delegados designados por cada país miembro del SICA se reúnen periódicamente para tratar aspectos importantes con respecto al fomento de la geotermia en los países del SICA en todos sus aspectos desde un punto de vista de los recursos (geocientíficos) y elaboran recomendaciones y documentos a consideración del CME.

Desde el año 2019, el GTG ha intercambiado experiencias y transmitido buenas prácticas entre los países. Además se han revisado documentos y elaborado manuales, los cuales fueron sometidos a consideración del CME.

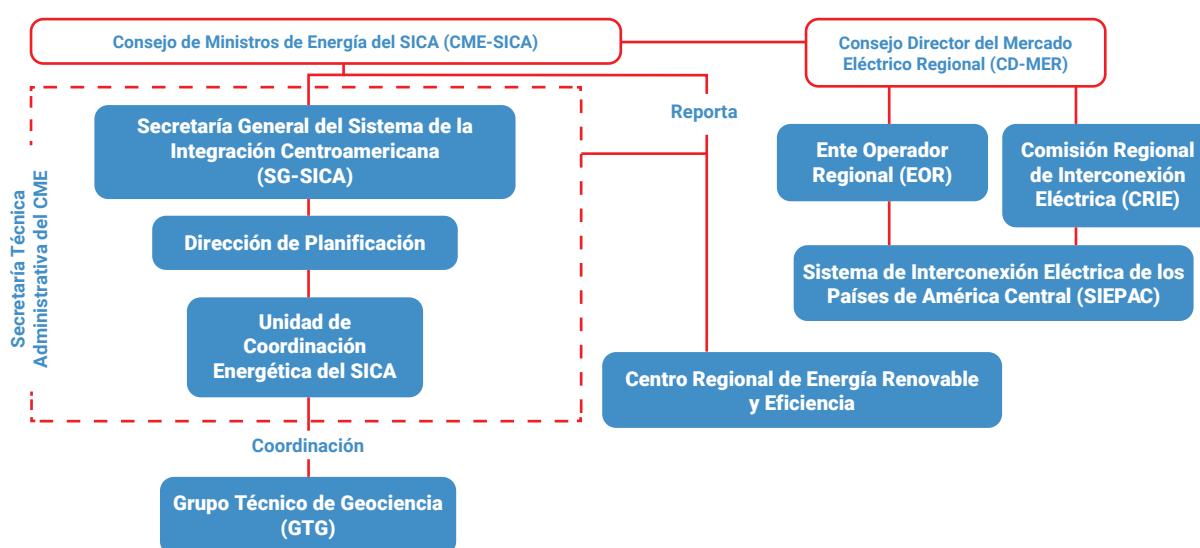


Gráfico 4: Institucionalidad Regional Energético en el SICA relevante para la geotermia, (Elaboración propia, 2021)

No obstante, el desafío del GTG de su conformación por delegados con brecha alta de expertís en la geotermia han delimitado la profundidad técnica de temas de discusión. A parte del GTG y el SICREEE, la región cuenta con el Sistema de Integración Eléctrica para los Países de América Central (SIEPAC), el cual consiste en la ejecución del primer sistema de Transmisión Eléctrica Regional, cuyos propietarios son las empresas eléctricas estatales de la región, más otros socios extraregionales (BID, 2019), el cual indirectamente juega un rol en el fomento de la geotermia en Centroamérica relacionada a la generación eléctrica.

Hay que recalcar, que aparte de las iniciativas gubernamentales, desde 2009 existe la plataforma no gubernamental CECACIER para el intercambio en la región del SICA que ha jugado un rol para el fomento de la geotermia en los últimos años. La organización reúne a empresas y organismos del sector energético de la región Centroamericana y el Caribe y es miembro de la Comisión de Integración Energética Regional (CIER) con el fin de promover la integración del sector y la prestación de servicios (www.cecacier.org).

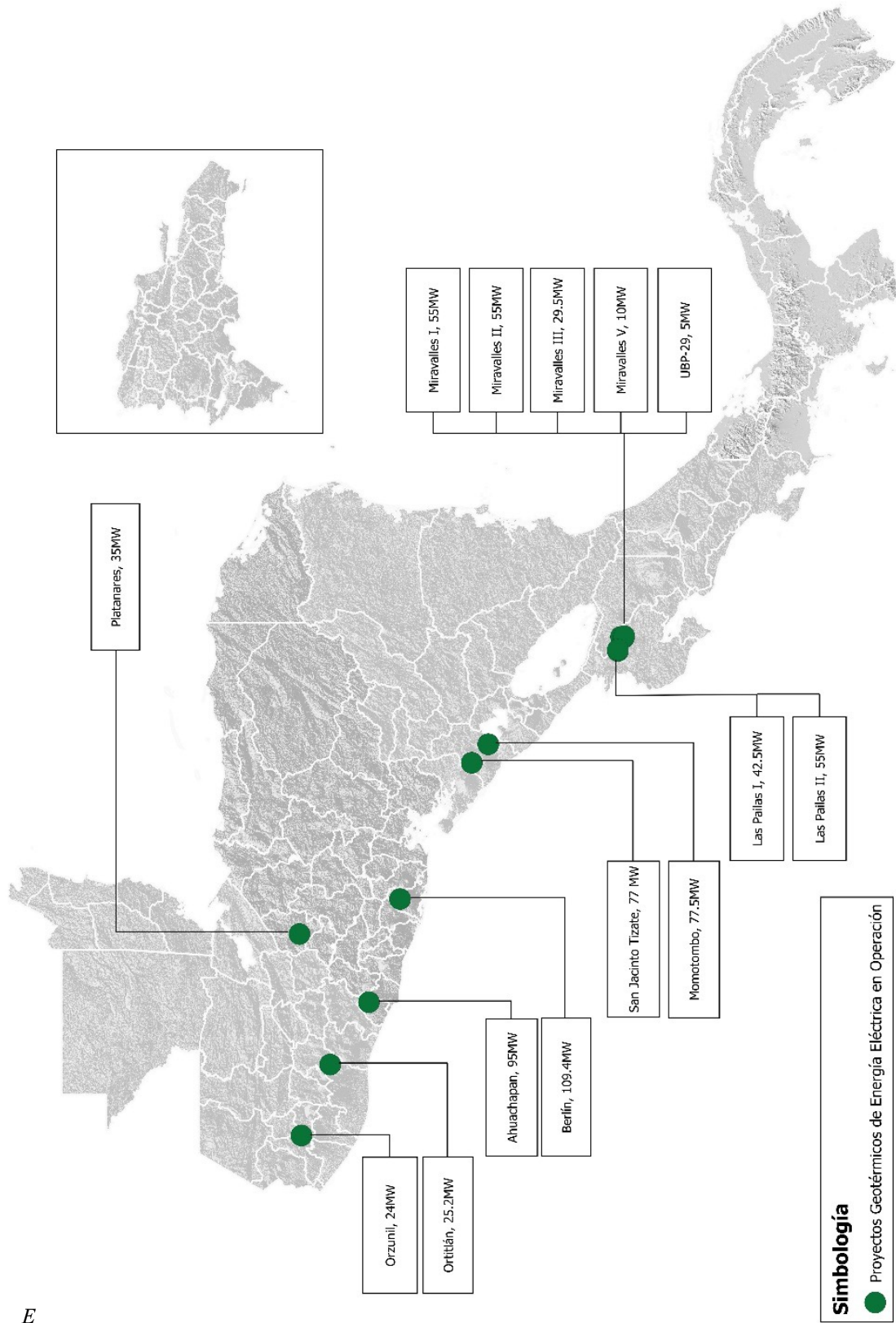
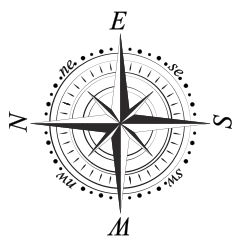
La incorporación de todas estas oportunidades de cooperación, es un paso necesario para la creación de una estrategia unificada para la región SICA en cuanto al fomento de la geotermia. Aunque el SICA ha avanzado en los últimos años referente a una cooperación regional en el sector energético, incluyendo la geotermia, todavía no tiene una estrategia regional para coordinar el desarrollo geotérmico. Lo mismo es un requerimiento, considerando la visión y los objetivos de la EES-SICA 2030 para la geotermia. Evaluar la utilidad de una estrategia regional para la geotermia es una actividad prevista en el POA 2022-2024 del GTG y requiere el respaldo del CME y la UCE-SICA.

III. Los recursos geotérmicos de la región SICA y sus perspectivas

Existe un potencial geotérmico ubicado en todos los países de la región SICA, de acuerdo con los esfuerzos realizados en investigación y desarrollo de la energía geotérmica. No todos los países cuentan con el mismo potencial del recurso y esto se refleja en las plantas geotérmicas de generación eléctrica en operación que se encuentran en su mayoría a lo largo de la cordillera volcánica. Solamente Honduras cuenta con una planta alejada de su región volcánica, aprovechando recursos de media entalpía. En su totalidad, las plantas de generación de energía eléctrica instaladas en la región SICA alcanzan una potencia actual de 708 MW (Mapa 2). A pesar de que, especialmente en la fase inicial de la geotermia, se han implementado prácticas geotérmicas no sustentables, hoy en día Centroamérica cuenta con proyectos modernos, aprovechándose del recurso geotérmico de una manera sustentable y moderna.

En la parte de usos directos de la geotermia, existen algunos avances puntuales, pero en la mayoría de los países miembros del SICA el aprovechamiento se refiere al uso de aguas termales para balneología. Se requiere mucho esfuerzo todavía para evaluar las oportunidades que pueden dar los usos directos geotérmicos a la región con aplicaciones en procesos de calor en la producción agrícola e industrial, como para aplicaciones de climatización. En ningún país de la región se ha cuantificado el potencial geotérmico de la geotermia somera para aplicaciones en calor y frío hasta el momento y se requieren esfuerzos al respecto para confiablemente evaluar oportunidades y generar estrategias al respecto, incluyendo consideraciones para el desarrollo local.

La actualización de inventarios de manifestaciones hidrotermales, pozos y estudios relacionados pueden ser un primer paso al respecto, formando base para estimaciones del potencial geotérmico existente en la región y la actualización de planes estratégicos para el desarrollo geotérmico o inclusive la elaboración de una estrategia regional al respecto.



Mapa 2: Capacidad instalada de Plantas geotérmicas en la Región SICa, (Elaboración propia, 2021)

A parte de los numerosos desafíos para la geotermia en la región SICA, se cuenta con muchas fortalezas para poder analizar y aprovecharse de sus recursos geotérmicos. Desde un punto de vista de la región Centroamérica, cuenta con capacidades técnicas en todos los métodos necesarios para la exploración y explotación geotérmica. También cuenta con un programa de formación que tiene potencial de servir en forma estratégica para el desarrollo de capacidades en la región.

Costa Rica y El Salvador dominan en la región en cuanto a su capacidad técnica e infraestructura para el desarrollo de proyectos geotérmicos, incluyendo la disponibilidad de laboratorios geotérmicos, equipos geofísicos y perforadoras geotérmicas. Nicaragua y República Dominicana cuentan con capacidades fuertes en la exploración geológica. Un aprovechamiento estratégico de estas y más fortalezas son una oportunidad que hay que tomar en cuenta para el desarrollo geotérmico de la región.

IV. Conclusiones

Las investigaciones geotérmicas en los países miembros del SICA han permitido un aprovechamiento del recurso geotérmico con una alta participación en el sector eléctrico en algunos países de la región. De igual manera, no se ha trabajado conceptualmente sobre la continuación y actualización de información fundamental sobre los recursos existentes en la región, tomando en cuenta nuevas perspectivas de aprovechamiento, ni los avances tecnológicos y científicos.

Los planes de aprovechamiento geotérmico que existen en los países miembros del SICA se han dirigido a la generación eléctrica. El avance tecnológico ha ampliado el interés regional con respecto a la geotermia, incluyendo aplicaciones en procesos de calor y frío (Uso Directo). La consideración del potencial de los recursos geotérmicos someros de baja y mediana temperatura crea una perspectiva más variada de aprovechamiento. Se requiere una actualización de planes estratégicos para el aprovechamiento geotérmico y la reevaluación de áreas geotérmicas prioritarias, incluyendo estas nuevas perspectivas.

Una limitante para el fomento geotérmico es la inseguridad legal. Se requieren avances al respecto, cuales pueden partir de la elaboración de una aclaración unificada del término "Geotermia" a nivel regional.

Los sistemas de mercado energético en el SICA que juegan un rol para la geotermia son muy particulares. La región debe delimitar ámbitos de gestión de información y procedimientos que podrían facilitarse a nivel regional.

Existen capacidades técnicas para implementar todas las fases de un desarrollo geotérmico. Se debería pensar sobre la creación de planes de acción para la exploración y proyectos de desarrollo en conjunto (si aplica) a nivel del SICA. Para ello, debería negociarse una simpli-

ficación de procesos aduaneros (transfronterizos) para el intercambio de equipos bajo cooperaciones establecidos.

El Diplomado de Geotermia para América Latina, con base en El Salvador, es la única oportunidad de formación profesional exclusivamente dirigida al desarrollo geotérmico en la región con competitividad a nivel latinoamericano. Se debería evaluar las opciones para aprovecharse de esta fortaleza a través de la región SICA y para apoyar este tipo de iniciativas.

Un delimitante para el desarrollo geotérmico en algunos países miembros del SICA es el factor socio-ambiental. Algunos desarrollos geotérmicos se han limitado o frenado por la oposición de grupos organizados en comunidades con enfoque en temas ambientales y sociales. Es indispensable crear y aplicar de forma regional buenas prácticas de participación y comunicación, salvaguardas y procesos y/o protocolos que comuniquen y garanticen la sostenibilidad ambiental, tanto como aseguren el aporte al desarrollo socio-económico y el involucramiento de los gobiernos locales. Los usos directos y sus beneficios potenciales para el desarrollo local pueden entenderse como un vehículo en estos procesos.

Es necesario que los países del SICA que aún no cuentan con una legislación específica para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos (incluyendo para aplicaciones de geotermia somera) tomen iniciativa y generen marcos legales y regulatorios necesarios para promover la geotermia como recurso energético sostenible o busquen mecanismos en sus legislaciones vigentes que pueden aplicarse a la geotermia.

Es importante trabajar en el diseño e implementación de una estrategia de comunicación regional con un enfoque de información y difusión de las bondades y beneficios de la energía geotérmica, fomentando en la región. Proyectos de Uso Directo pueden jugar un rol importante para esto, considerando proyectos de participación ciudadana y aprovechamiento local.

Es necesario actualizar los inventarios de manifestaciones geotermales y generar una clasificación unificada de sitios geotérmicos para la región SICA. Esto podría fomentarse a partir de un plan de acción regional adaptado en cada país.

La aplicación del UNFC para la clasificación de los recursos geotérmicos en cuanto al desarrollo de proyectos puede generar un sistema de información unificado para el SICA que facilita la comparabilidad de proyectos geotérmicos y la toma de decisiones.

El Grupo Técnico de Geociencias (GTG) del SICA según su función, requiere una representación de geocientíficos. Las delegaciones de cada país deberían tomar este requerimiento en cuenta a mediano y largo plazo, para que el GTG puede cumplir con sus tareas; para ello una solución sería el involucramiento de delegados adjuntos por ejemplo de la academia.

IX. Referencias

- Alvarado, G y Vargas, A. (2017).** Historia del descubrimiento y aprovechamiento de las fuentes termales en Costa Rica. Revista Geológica de América Central. ISSN: 0256-7024. San José, Costa Rica.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2019).** Integración Eléctrica Centroamericana / Génesis, Beneficios y Prospectiva del Proyecto SIEPAC (Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central). <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Integraci%C3%B3n-el%C3%A9ctrica-centroamericana-G%C3%A9nesis-beneficios-y-prospectiva-del-Proyecto-SIEPAC-Sistema-de-Interconexi%C3%B3n-El%C3%A9ctrica-de-los-Pa%C3%ADses-de-Am%C3%A9rica-Central.pdf>
- Bundschuh J., Alvarado G.E. (2007).** Central America: Geology, Resources and Hazards. ISBN-13: 978-0203947043. Taylor and Francis Group LLC (2012). Florida.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020).** Estrategia Energética Sustentable 2030 de los Países del SICA (LC/MEX/TS.2020/35). Ciudad de México.
- Consejo de Ministros de Energía del SICA (2018).** Resolución CME-01-2018 de Conformación del Grupo Técnico en Geociencias del Consejo de Ministros de Energía del SICA. Santo Domingo. <https://www.sica.int/documentos/resolucion-cme-01-2018-de-conformacion-del-grupo-tecnico-en-geociencias-del-consejo-de-ministros-de-energia-del-sica-1-115908.html>
- Finch, R.C. (1987).** Los Álamos National Laboratory: Catalog of known hot springs and thermal place names for Honduras. New Mexico, USA.
- Lindal, B. (1973).** Industrial and other applications of geothermal energy. Armstead, H.C.H., ed., Geothermal energy, UNESCO. Paris.
- Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2020).** Fomento de la Geotermia en Centroamérica. El Salvador. <https://www.giz.de/en/downloads/giz2020-es-fomento-eotermia-centroamerica.pdf>
- Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). (1983).** Geothermal exploration methodology: the reconnaissance and prefeasibility stages. <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/21733/S8100973.pdf?sequence=1>
- Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). (2021).** Panorama energético de América Latina y el Caribe. Quito, Ecuador.
- Wohletz, K. y Grant H. (1992).** Volcanology and Geothermal Energy. Berkeley: University of California Press. ISBN-13: 978-0520079144.
- World Bank Group. (2016).** Comparative Analysis of Approaches to Geothermal Resource Risk Mitigation: A Global Survey, ESMAP Knowledge Series 024/16. Washington D.C.



ESTADO DE LA GEOTERMIA EN

BELICE

I. Antecedentes

Belice, de acuerdo a su antecedente histórico, es el único país de la región centroamericana que su idioma oficial es el inglés. Se encuentra ubicado en el Sureste de la Península de Yucatán, y está delimitado por el Caribe en su este, Guatemala por su oeste y por la frontera con México en el norte (MEPyD, 2018). Debido a su posición, no forma parte de la cordillera volcánica de América Central y no presenta volcanismo activo. Sin embargo, cuenta con un pequeño número de aguas termales en el sur del territorio.

En 2007 con apoyo del BID se revisó el Sector de Energía de Belice y expertos se pronunciaron sobre un posible potencial geotérmico en el sur. Hasta hoy no se realizaron estudios más detallados al respecto.

En 2019 se retomaron los esfuerzos en relación al reconocimiento de los recursos geotérmicos en el país a través del Ministerio de Servicios Públicos, Energía, Logística y Gobierno Electrónico de Belice (Ministry of Public Utilities, Energy, Logistics and E-Governance) y su participación en el Grupo Técnico de Geociencias GTG de la UCE SICA. En la actualidad, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) apoyado por el proyecto Yacimientos II está cooperando con el Ministerio de Servicios Públicos, Energía, Logística y Gobierno Electrónico para aumentar la capacidad técnica, facilitando la continuación de trabajos de investigación sobre las áreas identificadas.

II. Matriz energética nacional y prospectiva

Como se muestra en el (Gráfico 5), en Belice predomina el uso del recurso de biomasa con una representación total de 58.1% en la matriz energética. La representación de otras fuentes renovables es marginal y geotermia hasta el momento no está representado ni considerado en escenarios futuros.

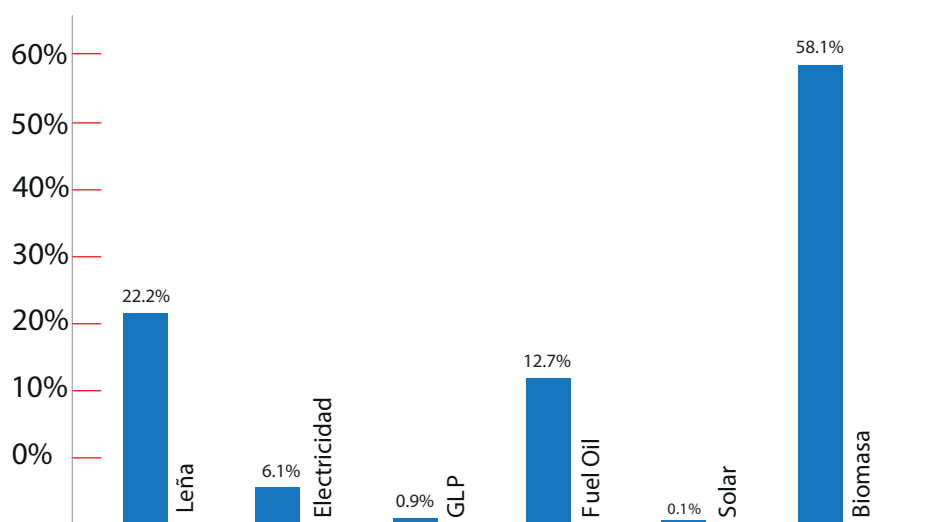


Gráfico 5: Matriz Energética Nacional, (Elaboración propia según SNE, 2020)

En la matriz eléctrica de Belice participan plantas hidroeléctricas, solar y biomasa como tecnologías de energía renovable, y se logró alcanzar su participación de 43.16% en ella en el año 2020 (Gráfico 6). La dependencia de importación de electricidad es considerable en comparación a otros países del SICA. Belice efectuó importaciones del 24% en 2020, de acuerdo a la demanda nacional.

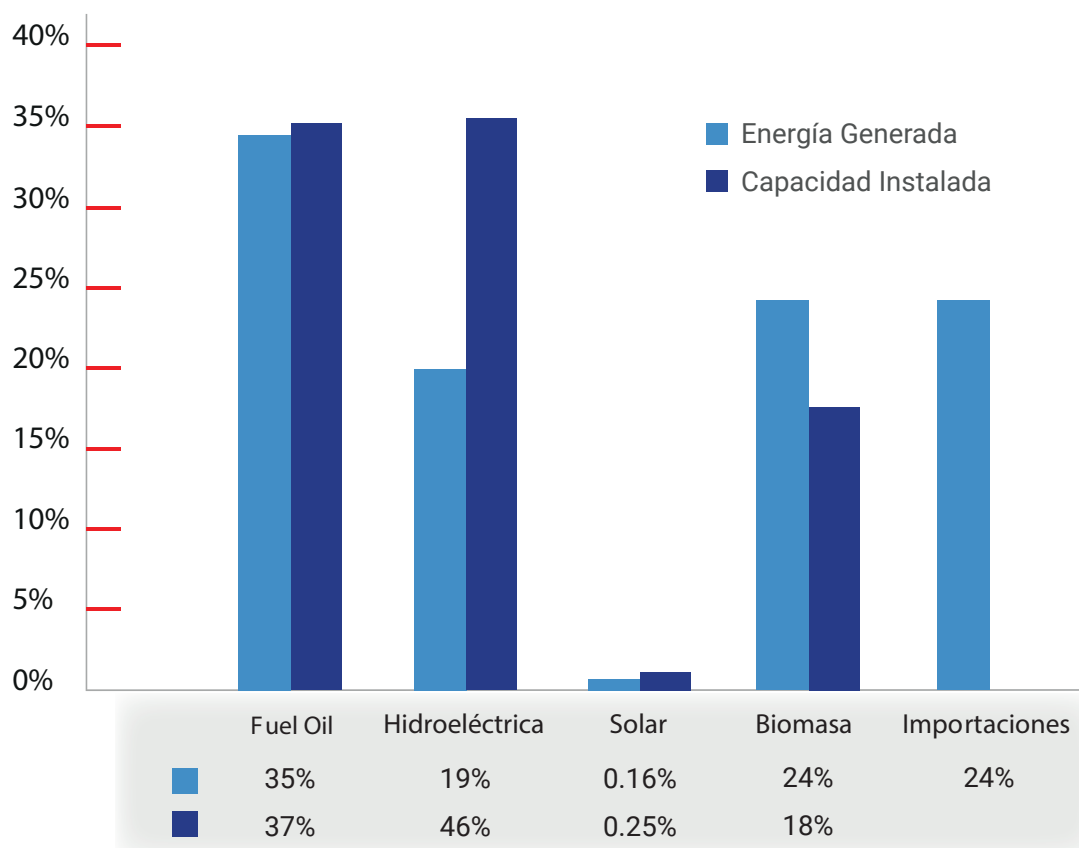


Gráfico 6: Matriz Eléctrica Nacional, (Elaboración propia según SNE, 2020)

Actualmente, Belice dentro de la estrategia nacional de energía sostenible, contempla el incremento de la participación de energía renovable, considerando dentro de su política energética nacional de forma específica la geotermia (GoB, 2011), por lo cual se están generando esfuerzos para la evaluación de oportunidades al respecto, aunque el recurso en sí está muy localizado en el país.

III. Políticas públicas y marco regulatorio

En el año 2000, a nivel nacional se emitió la Ley de Electricidad, por la cual se promueve el desarrollo del sector energético en Belice, orientado a generar, distribuir, suministrar y vender energía para los sectores públicos y privados. La ley tiene el propósito de promover y fomentar el desarrollo eficaz y eficiente, como una administración del suministro eléctrico, teniendo en cuenta el desarrollo, bienestar y seguridad del país. Esta Ley no define de forma específica el aprovechamiento de los recursos renovables, incluyendo geotermia. No obstante, Belice cuenta con una propuesta de política energética nacional la cual

promueve la inversión en fuentes de energía renovable con enfoque en la protección ambiental y la seguridad del suministro, mediante la incorporación de tecnologías no convencional de generación de energía. Se considera que la geotermia forma parte de este tipo de tecnologías.

Existen otros instrumentos legales en el tema de recursos hídricos y recursos naturales, los cuales pueden ser complementarios para promover el aprovechamiento de los recursos geotérmicos existentes en Belice, aunque la geotermia no figura en forma específica en ellos.

IV. Estructura Institucional para el desarrollo de la Geotermia

El Ministerio de Servicios Públicos, Energía, Logística y Gobierno Electrónico, cuenta con una Unidad de Energía, que es la encargada de desarrollar temas sobre energías renovables y eficiencia energética. Sus funciones son la planificación, promoción y gestión eficaz de producción, distribución y utilización de la energía a través de eficiencia energética, energía renovable e intervenciones de productos más limpios para el desarrollo sostenible de Belice. Bajo esta lógica la Unidad de Energía tiene la potestad de desarrollar acciones que promuevan el aprovechamiento de los recursos geotérmicos a nivel nacional. A nivel regional, Belice tiene representación ante el GTG de la UCE SICA a través de dicha unidad.

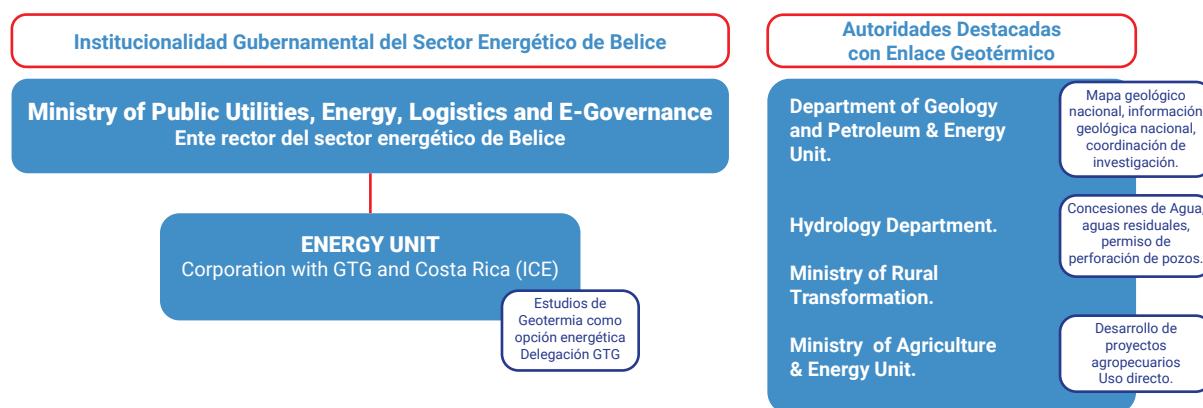
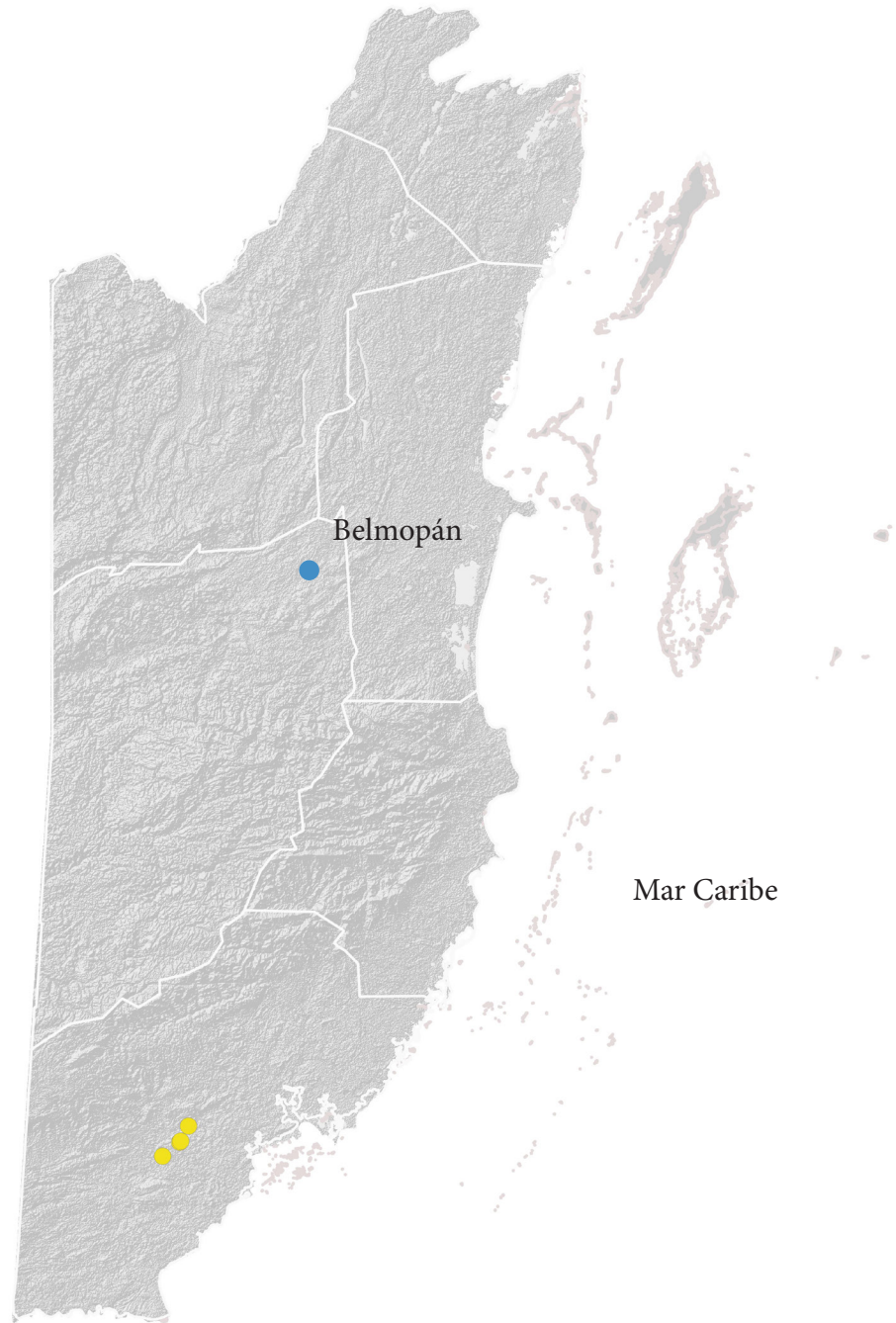
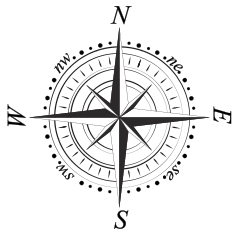


Gráfico 7: Visualización del sector energético estatal relevante para la geotermia del país

Una institución relevante para el desarrollo geotérmico nacional es el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Belice, ya que vela por el aprovechamiento de los recursos renovables de forma sostenible y es la entidad que regula dicha actividad. Por el momento, no cuenta con actividades en el tema de geotermia.



Simbología

Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica

- Proyectos en Operación
- Sitios de Exploración
- Sitios en Reconocimiento

Proyectos Geotérmicos de Uso Directo

- ▲ Proyectos en Operación
- ▲ Sitios en Reconocimiento

Manifestaciones Geotermiales

- Manifestaciones Geotermiales

Mapa 3: Ubicación de manifestaciones geotermiales de Belice, (Elaboración propia según el Energy Unit, 2021)

V. Inventario de los Recursos Geotérmicos

Los recursos geotérmicos en Belice aún no han sido aprovechados. En la actualidad se han identificado cuatro (4) sitios de manifestaciones geotermales con temperatura entre 25°C y 35°C en el sur del territorio (Mapa 3). Hasta el momento, no se han identificado recursos con mayor grado de temperatura (Gráfico 8). Debido a las bajas temperaturas, las manifestaciones superficiales pueden ser interesante para balnearios y proyectos de Uso Directo de agua caliente. Sin embargo, se requiere ampliar las actividades de investigación de recursos geotérmicos a nivel nacional para poder generar una base para la toma de decisión. Por tal razón, se está buscando apoyo para ejecutar un ejercicio de reconocimiento en el país.

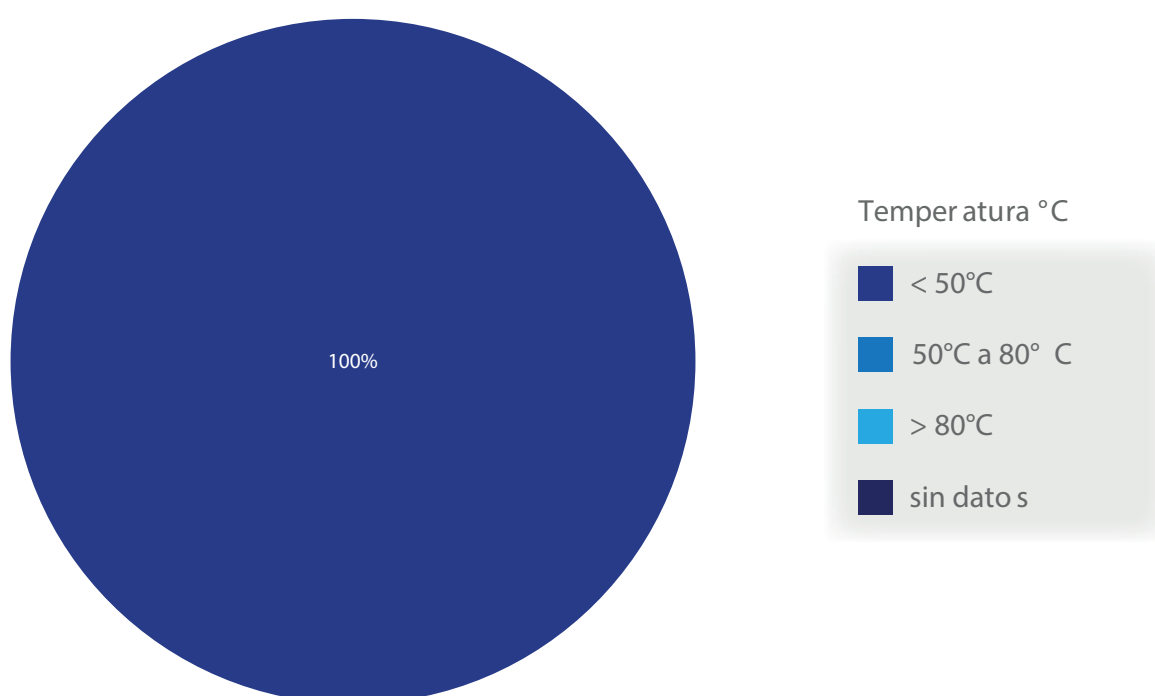


Gráfico 8: Manifestaciones Hidrotermales por rangos de temperatura (en porcentaje), (Elaboración propia según Energy Unit, 2021)

VI. Capacidad técnica para la exploración geotérmica

La Unidad de Energía como dependencia ministerial, no tiene funciones operativas. Ninguna institución nacional cuenta con recursos humanos en el área geotérmica. Como no existe un mandato en ninguna institución para el reconocimiento de recursos geotérmicos, la Unidad de Energía cubre actividades relacionadas con su personal no especializado desde 2019. Existen profesionales en geología, geofísica y geoquímica en otras instituciones del país, pero por el momento no tienen función al respecto y las experiencias en geotermia son limitadas.

La capacidad de la Unidad de Energía que en el presente es la única entidad con actividades en geotermia, se limita a un equipo técnico de ingenieros mecánicos, eléctricos

y químicos, así como a un científico ambiental. Debido a la falta de funciones, no hay infraestructura ni facilidades disponible para estudios geotérmicos, por ejemplo, en cuanto a laboratorios geoquímicos. Tampoco existen capacidades suficientes en la parte de perforación alguna, incluyendo perforaciones someras. Esto debido al mercado de consultorías en el país que no requiere perforaciones profundas ni para el abastecimiento de agua. Por tales razones, los trabajos especializados para el desarrollo geotérmico deberán obtenerse externamente.

Belice actualmente forma parte en el proyecto Yacimientos II. El objetivo es el fomento de la capacidad del personal técnico en la identificación, clasificación y el inventario básico de cualquier fuente geotérmica descubierta en el país. La prioridad es realizar un reconocimiento de las manifestaciones hidrotermales para evaluar el potencial de aplicación de la geotermia para usos seleccionados.

VII. Programas de educación e investigación en Geotermia

En Belice actualmente no existen programas de pregrado y posgrado en centros de educación superior que ofrezcan capacitación específica en geotermia, sin embargo, en la Universidad de Belice se imparte el programa de pregrado de manejo de los recursos naturales. Debido al tamaño del sector académico, se dependerá de intercambios regionales o internacionales para cubrir el tema de geotermia.

VIII. Desafíos y oportunidades

Desafíos

Exploración del Recurso Geotérmico

El desafío más relevante del desarrollo geotérmico en Belice es el recurso limitado y concentrado en un área del país. Por esto y por qué no hay una evaluación específica de los recursos geotérmicos hasta el momento, no existe la consideración del recurso geotérmico en la planificación energética.

No se cuenta con expertos ni infraestructura para la exploración geocientífica en Belice, tanto en el sector público como en el sector privado. Los datos secundarios que pueden orientar el reconocimiento y la exploración de los recursos geotérmicos de país son limitados. No se dispone de mapas geológicos suficientemente detallados para la exploración geotérmica.

Debido a la capacidad limitada de las instituciones, en cuanto al número de personal con experiencia y a la exploración de los recursos geotérmicos, en Belice se requiere una cooperación regional/ internacional. En este sentido, el país depende de la adquisición de servicios para estudios geotérmicos en el marco de cooperaciones regionales con países del

SICA o internacionales con instituciones las cuales cuentan con el personal y la infraestructura para realizar primeros análisis superficiales.

Institucionales / Políticas

Hasta el momento, no hay una planificación de actividades formalizadas con base a las funciones de la Unidad de Energía, para impulsar acciones de recolección de datos para un inventario geotérmico. Como punto de salida, sería oportuno de incluir este tipo de actividades dentro de la planificación anual.

Para poder iniciar trabajos en el reconocimiento de los recursos geotérmicos en el territorio de Belice y el desarrollo de proyectos, aunque sean limitados, se requiere la definición de funciones y atribuciones, tanto como la facilitación de formación para los profesionales del sector en las diferentes áreas de exploración geotérmica.

Aunque no hay muchos recursos reconocidos en el país, se debe considerar gestiones para la elaboración de instrumentos regulatorios que permita estudiar y promover el desarrollo geotérmico.

Socioambientales

Las manifestaciones geotérmicas en Belice se encuentran en áreas que requieren una atención especial referente a etnias nativas. Se sugiere la realización de un análisis sobre el entendimiento de la población referente a las aguas termales in situ y una estrategia de participación ciudadana específica para actividades dirigidas a la utilización de las manifestaciones geotermiales del país.

Oportunidades

Exploración del Recurso Geotérmico

Belice cuenta con mucho interés en promover la creación de capacidad en el campo de la geotermia. Por el interés existente, la Unidad de Energía se acercó a geólogos e ingenieros petroleros de Belice para realizar esfuerzos en conjunto para la evaluación de los recursos geotérmicos del país. Además, se aprovechó de la cooperación regional, a través de los enlaces generados en el Grupo Técnico de Geociencias (GTG) de la UCE SICA, para crear capacidades profesionales en algunos ámbitos geocientíficos relevantes. Se sugiere profundizar y formalizar estos esfuerzos regionales y nacionales en planes de acción.

Ya fueron identificados cuatro manifestaciones hidrotermales en la zona sur del país que pueden funcionar como punto de partida para un mapeo a nivel nacional para la aplicación de métodos de identificación y caracterización de los recursos geotérmicos del país. Sería muy oportuno de involucrar las carreras universitarias relevantes como entes operativos para este tipo de actividades.

Las manifestaciones hidrotermales identificadas se encuentran cerca de la frontera con Guatemala. Se debe evaluar la posibilidad de utilizar la información geocientífica del país vecino para facilitar una mejor interpretación geológica. Se requiere un acercamiento con las autoridades guatemaltecas aprovechando el enlace con el GTG.

Institucionales / Políticas

La creación y aprobación de un instrumento legal o estratégico permitiría el desarrollo del recurso geotérmico en el país, considerando que la Unidad de Energía del Ministerio de Servicios Públicos, Energía, Logística y Gobierno Electrónico, por medio de la política energética ha considerado el tema de recurso geotérmico a fin de impulsar la investigación, evaluación del recurso y acciones de reconocimiento y exploración del recurso geotérmico a nivel nacional.

Belice ya forma parte de cooperaciones a nivel regional en el ámbito de la geotermia (GTG). A nivel bilateral, coopera con Costa Rica aprovechando de la experiencia amplia del país cooperante. En este marco se podría ejecutar un inventario geotérmico en conjunto como un primer paso para dar fundamento a la política del país referente al manejo futuro de estos recursos.

IX. Referencias

Gobierno de Belice. (2000). Electricity Act. Chapter 221. Belmopan.

Gobierno de Belice. (2001). Water Industry Act. No. 1 of 2001. Belmopan.

Gobierno de Belice. (2011). Proposal for a National Energy Policy for Belize. Belmopan.

Ministerio de Economía Planificación y Desarrollo (MEPyD). (2018). Informe de País, Belice.<https://mepyd.gob.do/wp-content/uploads/drive/UEPESC/Serie%20Informe%20Pa%C3%ADs%20Rep%C3%ABblica%20Dominicana%20y%20el%20Caribe/Belice.pdf>

Ministry of Public Utilities, Energy, Logistics and E-Governance. (2020). Belice Energy Matrix. Belmopan.

Ministry of Public Utilities, Energy, Logistics and E-Governance. (2021). State of Geothermal in Belize. Belmopan.



ESTADO DE LA GEOTERMIA EN
COSTA RICA



I. Antecedentes

Costa Rica se localiza en el istmo centroamericano, al Sureste de la Placa Cocos, la cual se subduce al Este con la Placa Caribe. Esta interacción es el evento geológico de mayor influencia sísmica y tectónica sobre el territorio nacional, influyendo directamente en el potencial geotérmico de alta entalpía en el país (ICE, 1991).

En cuanto a su geodinámica, el país se divide en dos sectores; el primero localizado al Noroeste con influencia volcánica y el segundo al Sureste con ausencia volcánica. Ambos sectores se diferencian sísmicamente, debido a un cambio en el ángulo de la subducción de la Placa Cocos (ICE, 1991). Se ha estimado que en el país existe un potencial geotérmico en términos de reservas de alta entalpía de aproximadamente 900 MW (ICE, 1997), localizándose en su mayoría en los alrededores de las cordilleras volcánicas Central y Guanacaste.

La historia del desarrollo geotérmico en Costa Rica para la generación de electricidad es relativamente reciente. Este desarrollo inició con una campaña de reconocimiento en la provincia de Guanacaste en 1963, en el año 1974 un grupo de pioneros retomó nuevamente los estudios, apoyados por la Ley de Geotermia del año 1976. Posteriormente se intensificaron las investigaciones en la zona de Bagaces y se realizaron las primeras perforaciones profundas en 1979, en el Campo Geotérmico conocido como Miravalles, actualmente renombrado Alfredo Mainieri Protti.

En 1994 entró en operación la primera planta geotérmica de Costa Rica nombrada como Miravalles I, seguido por Miravalles II la cual inició operaciones en 1998, Miravalles III en el año 2000 y Miravalles V en 2004. Esta última unidad es la única planta binaria de este campo geotérmico. Hoy en día, considerando una unidad de contra presión de 5 MW, el Campo Geotérmico Alfredo Mainieri Protti abastece un total de cinco plantas geotérmicas con una capacidad instalada actual de 154 MW, y operativa anual de aproximadamente 140 MW (ICE, 2022).

De acuerdo al plan de expansión geotérmico en el sector Volcán Rincón de La Vieja, en el año 2011 entró en operación la primera unidad del Campo Geotérmico Pailas, con una capacidad instalada de 42.5 MW y en el 2019 la segunda unidad, con una capacidad instalada de 55 MW. Este último desarrollo fue premiado por GEOLAC en el 2019, como mejor Proyecto Geotérmico de la región, por sus conceptos integrales de desarrollo y manejo socio ambiental. Actualmente el ICE se encuentra trabajando en la fase de desarrollo del Campo Geotérmico Borinquen, el cual prevé la entrada en operación de la unidad I para el año 2027, con 55 MW de capacidad instalada.

En cuanto a los Usos Directos, como en los otros países de la región, tradicionalmente existe un aprovechamiento turístico de las aguas termales (balneología). Pero existen esfuerzos recientes para el desarrollo de proyectos energéticos bajo el concepto de climatización y uso de calor para procesos agroindustriales.

A parte del ICE, la Universidad de Costa Rica (UCR) y el Tecnológico de Costa Rica (TEC), forman parte de los esfuerzos de la promoción de Usos Directos en el país. Se han realizado trabajos orientados a la caracterización de los recursos y determinación de métodos adecuados para el aprovechamiento del calor geotérmico en el sector agropecuario y hotelero. Desde 2018 el Uso Directo recibe respaldo del MINAE, el cual ha estado trabajando en la elaboración de una propuesta de ley para los usos directos, en cooperación con otros actores y acompañado por el ICE.

II. Matriz energética nacional y prospectiva

Para el año 2021 los datos de la composición de la matriz energética de Costa Rica (Gráfico 9), muestran que el recurso energético de mayor consumo a nivel nacional son los derivados del petróleo con una participación del 27.0% de diésel y 25.2% gasolina, posteriormente sigue la electricidad con un 22.3%, con una participación de energía renovable del 99.92%. El consumo de diésel y gasolina se debe principalmente al sector transporte a nivel nacional, de ahí a que el Gobierno está sumando esfuerzos para impulsar la movilidad eléctrica del transporte.

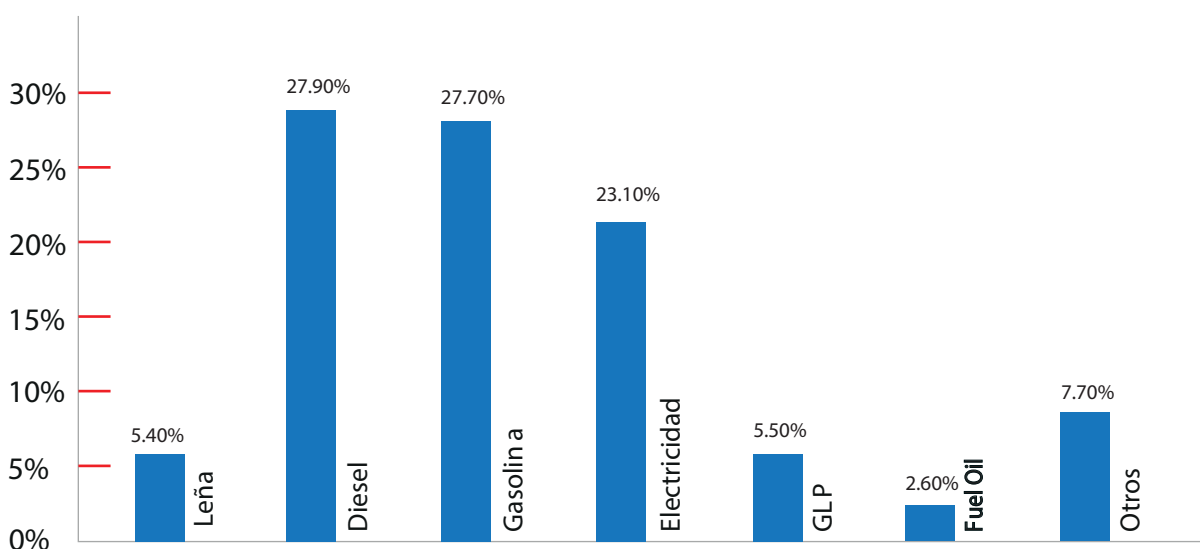


Gráfico 9: Matriz Energética Nacional (Elaboración propia con datos de SEPSE, Balance Energético Nacional 2021)

La matriz eléctrica de Costa Rica mantiene una gran dependencia hacia la energía hidroeléctrica. Este aspecto genera cierta vulnerabilidad referente al cambio climático, por lo cual, durante las últimas décadas se ha dado una orientación hacia la diversificación de la matriz, desarrollándose proyectos solares, eólicos, biomasa y geotérmicos.

En la configuración actual según el Informe de Atención de Demanda y Producción de Energía con Fuentes Renovables (CENCE, 2022), los segmentos de mayor aporte a la matriz eléctrica del país son la hidroeléctrica con 74.0%, la geotérmica con un 12.8% y la eólica con un 12.5% (Gráfico 10).

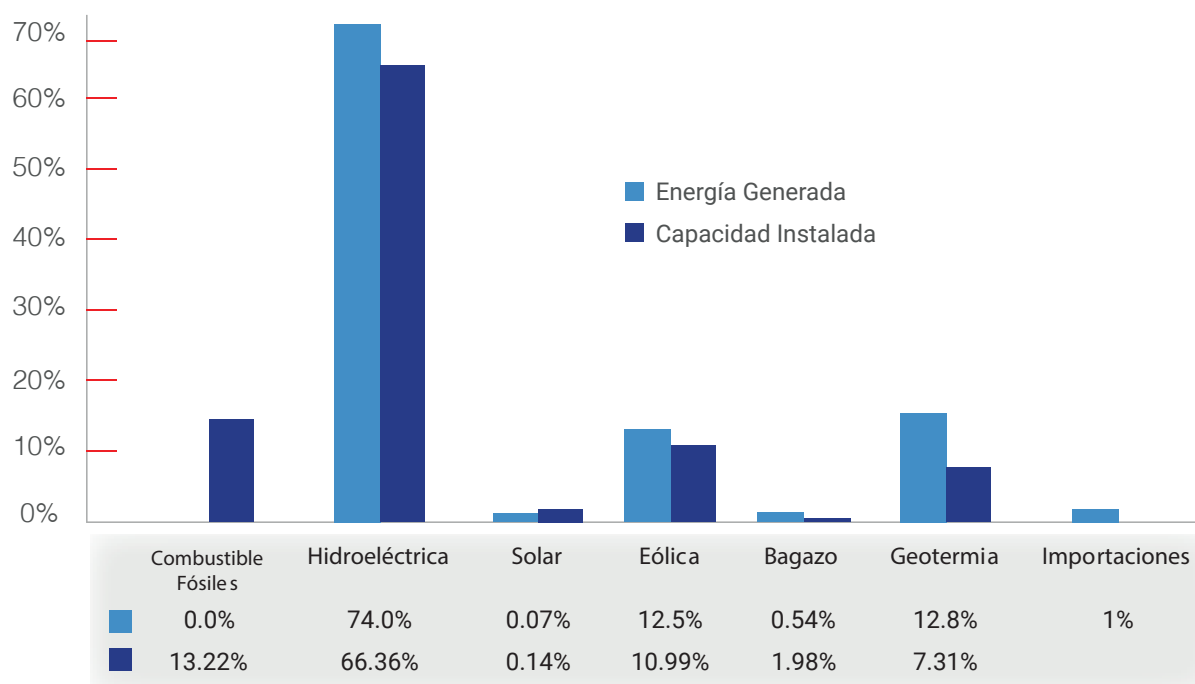


Gráfico 10: Matriz Eléctrica Nacional, (Elaboración propia según CENCE, 2022)

Según el Plan de Expansión de la Generación Eléctrica 2020-2035, la Unidad I del Campo Geotérmico Borinquen iniciará su explotación comercial en el año 2027, aportando al sistema 55 MW adicionales (Gráfico 11). De acuerdo a la cartera de proyectos geotérmicos del ICE, se cuenta con los recursos para que otros proyectos geotérmicos puedan entrar escalonadamente a partir de la puesta en operación de la Unidad I de Borinquen, dependiendo esto de que el crecimiento de la demanda eléctrica pueda justificar la inversión en nuevos proyectos geotérmicos.

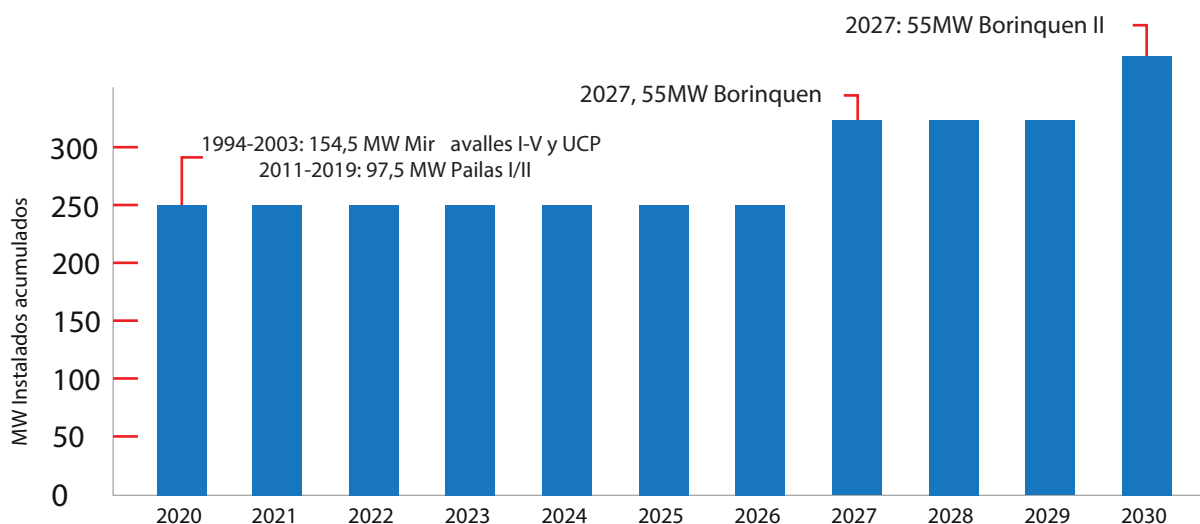


Gráfico 11: Prospectiva de incorporación de plantas geotérmicas al 2030 (según ICE, 2021)

Desde el año 2008 el país ha mostrado una baja tasa de crecimiento de consumo eléctrico, siendo que en la última década (2012-2021) el crecimiento anual promedio fue de 1.8%.

III. Políticas públicas y marco regulatorio

En Costa Rica, el marco regulatorio para el uso de los recursos geotérmicos para la generación de electricidad está establecido mediante la Ley N° 5961 del año 1976, en donde se declara de interés público la investigación, exploración y explotación de los recursos geotérmicos del país, asignando las actividades concernientes al ICE. En esta ley define los recursos geotérmicos como "...la energía acumulada en aguas del subsuelo que, por diferentes procesos geológicos se encuentra a altas presiones y temperaturas". Expresado por la misma ley, el ICE no requiere permisos ni concesiones al respeto.

El Plan Nacional de Energía 2015-2030 y su actualización del 2019 (MINAE, 2019), da orientación a la política energética y define varias acciones relacionadas con el desarrollo geotérmico del país. En el Eje 3 se define la acción 3.3.2.1 "Elaborar inventarios de fuentes renovables nacionales y como meta el inventario de geotermia y otras fuentes". También define la acción "Analizar y proponer el marco regulatorio para el aprovechamiento de la geotermia de baja entalpía" (Nro. de Acción 3.3.4.1). En concordancia con esa disposición, el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) ha estado trabajando en un proyecto de ley, orientado a regular el Uso Directo de los recursos geotérmicos en actividades no asociadas a la generación eléctrica, con el fin de que este segmento de la geotermia cuente con un marco regulatorio que permita y estimule su uso.

La necesidad de este nuevo marco regulatorio es consecuencia de lo indicado en el Artículo 4 del Código de Minería (Ley N° 6797 de 1982), el cual establece que las fuentes termales y fuentes de energía geotérmica se reservan para el Estado y sólo podrán ser explotados por éste, por particulares de acuerdo con la ley o mediante una concesión especial otorgada por tiempo limitado y con arreglo a las condiciones y estipulaciones establecidos por la Asamblea Legislativa.

Para la atención del actual impulso del desarrollo de proyectos geotérmicos que presenta Costa Rica, orientado a la puesta en operación de la Unidad II del Campo Geotérmico Pailas, se emitió la Ley N° 9254, la cual tiene el objetivo de implementar el Convenio de Cooperación para Préstamo Sectorial para el Desarrollo de Geotermia en Guanacaste con Agencia de Cooperación Internacional de Japón y el Contrato de Financiación para el Proyecto Geotérmico Las PAILAS II con el Banco Europeo, ambos con garantía estatal suscritos por Costa Rica y el ICE. Las Pailas II entró en operación en el 2019.

Debido al enfoque de sostenibilidad y ambiente del país, existen una serie de leyes relacionadas al desarrollo de proyectos, que, sin duda, son de importancia para el desarrollo de la geotermia, como lo son la Ley Orgánica del Ambiente N° 7554, la cual tiene un rol significativo para todos los sectores de desarrollo territorial, incluyendo la geotermia; el Reglamento General N° 31849 sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental, que categoriza los proyectos geotérmicos de acuerdo con del impacto ambiental potencial, clasificando los proyectos en distintas dimensiones entre menor de 100 kW y mayor a 2000 kW

De igual manera, la Ley N° 5961 estipula la obligación del ICE a desarrollar sus proyectos tomando en cuenta la protección de los recursos naturales e implementar áreas de protección forestal, con lo último crea un enlace directo a la Ley Forestal N° 7575. Otras leyes de gran relevancia para el desarrollo de proyectos geotérmicos en el país son la Ley de Vida Silvestre N° 7317 y la Ley de Residuos N° 8839.

IV. Estructura Institucional para el desarrollo de la Geotermia

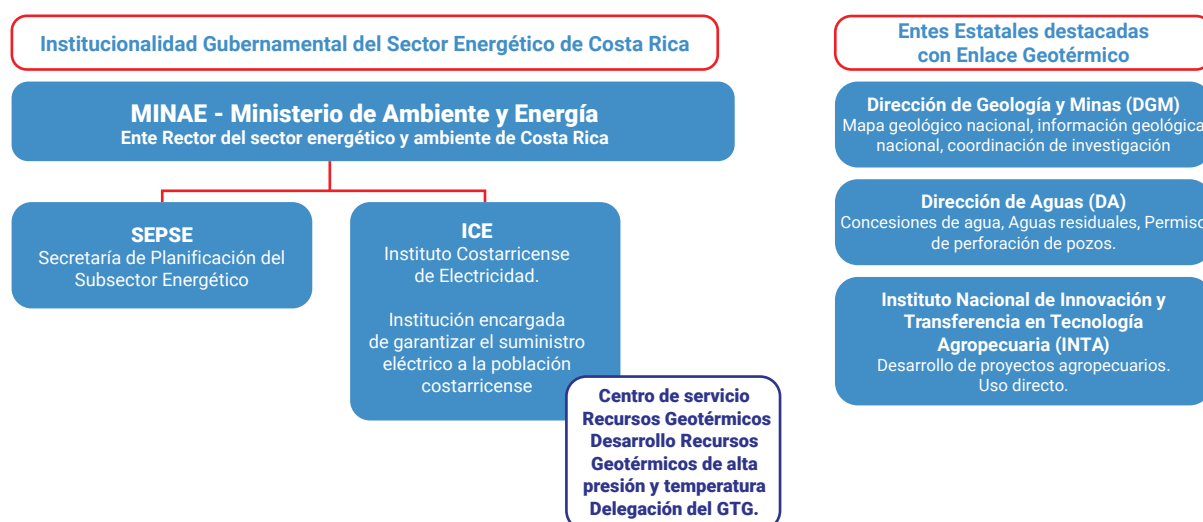


Gráfico 12: Visualización del sector energético estatal relevante para la geotermia del país

El rector del sector energético del país es el ministro de Ambiente y Energía, jerarca máximo del Ministerio de Ambiente y Energía MINAE. Para desempeñar sus responsabilidades, el Ministro Rector cuenta con el apoyo técnico de la Secretaría de Planificación Subsector Energía (SEPSE).

Al Ministro rector le corresponde aprobar, en conjunto con el Presidente de la República, el Plan Nacional de Energía en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo. Además, debe definir estrategias y políticas públicas del Subsector Energía, conducirlas y asegurar su cumplimiento.

En el sector eléctrico participan dos empresas municipales, cuatro cooperativas, la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (empresa estatal propiedad del ICE) y los cogeneradores privados. Sin embargo, la exploración, desarrollo, explotación y administración de los recursos geotérmicos de alta presión y temperatura, es exclusividad del ICE según los alcances establecidos en la ley 5961.

El ICE es una empresa estatal autónoma, cuyo mandato legal es asegurar el suministro de energía eléctrica a nivel nacional. Con este propósito elabora el Plan Expansión de la Generación Eléctrica, con base en la oferta y la demanda energética del país. El Plan de Expansión debe alinearse a las políticas establecidas en el Plan Nacional de Energía. Los préstamos adquiridos por parte del ICE para el desarrollo de los proyectos geotérmicos de su cartera requieren de la aprobación de la Asamblea Legislativa de Costa Rica.

El Instituto Nacional de Innovación y Transferencia Tecnológica Agropecuaria (INTA), entidad del Ministerio de Agricultura y Ganadería es un actor relevante para futuras aplicaciones de Uso Directo de los recursos geotérmicos, debido a sus objetivos en la investigación y difusión de nuevas tecnologías en los sectores agrícola y ganadero.

Fuera del alcance de la Ley N° 5961, dentro del MINAE existen entidades con un enlace directo a la administración del sector geotérmico en Costa Rica. Por un lado, está la Dirección de Aguas, la cual es la responsable de otorgar los permisos de uso de agua y de perforaciones someras y, por otro lado, la Dirección de Geología y Minas, institución que tiene la potestad de administrar la información geológica del país y elaborar el Mapa Geológico de Costa Rica.

V. Inventario de los Recursos Geotérmicos

A partir de 1960 se realizaron varias campañas de muestreo para la elaboración del primer informe del Potencial Geotérmico de Costa Rica en 1991. Dicho informe divide el territorio de Costa Rica en provincias geotérmicas, estimando las condiciones de temperatura hasta una profundidad de tres kilómetros (ICE, 1991). Para la delimitación de las provincias geotérmicas se utilizaron datos geológicos provenientes de otros estudios de reconocimiento y prefactibilidad geotérmica y petrolera, análisis volcanotectónicos, geoquímicos, geomíneros e hidrogeológicos. Este estudio incluye también un inventario de 162 manifestaciones geotérmicas (Mapa 4) con temperaturas que van entre los 22 a los 98°C, de las cuales 15% tienen temperaturas superiores a 50°C (Gráfico 13). Todos los datos cuentan con sus respectivas descripciones geoquímicas básicas.

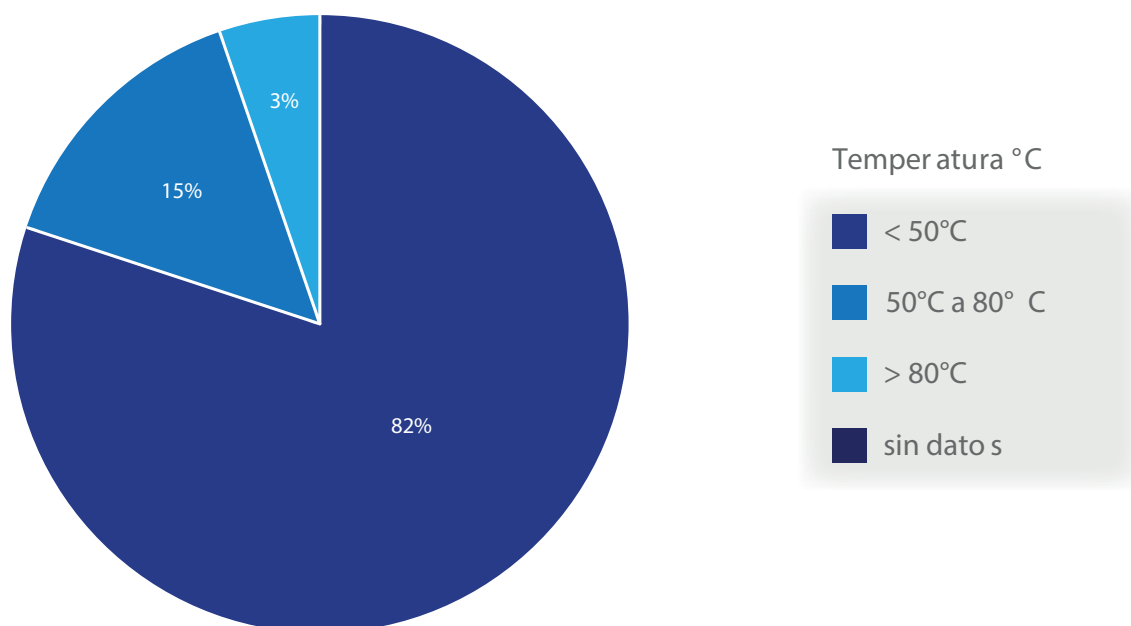
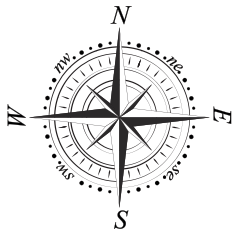


Gráfico 13: Manifestaciones Hidrotermales por rangos de temperatura (en porcentaje), (Elaboración propia según ICE, 1991)

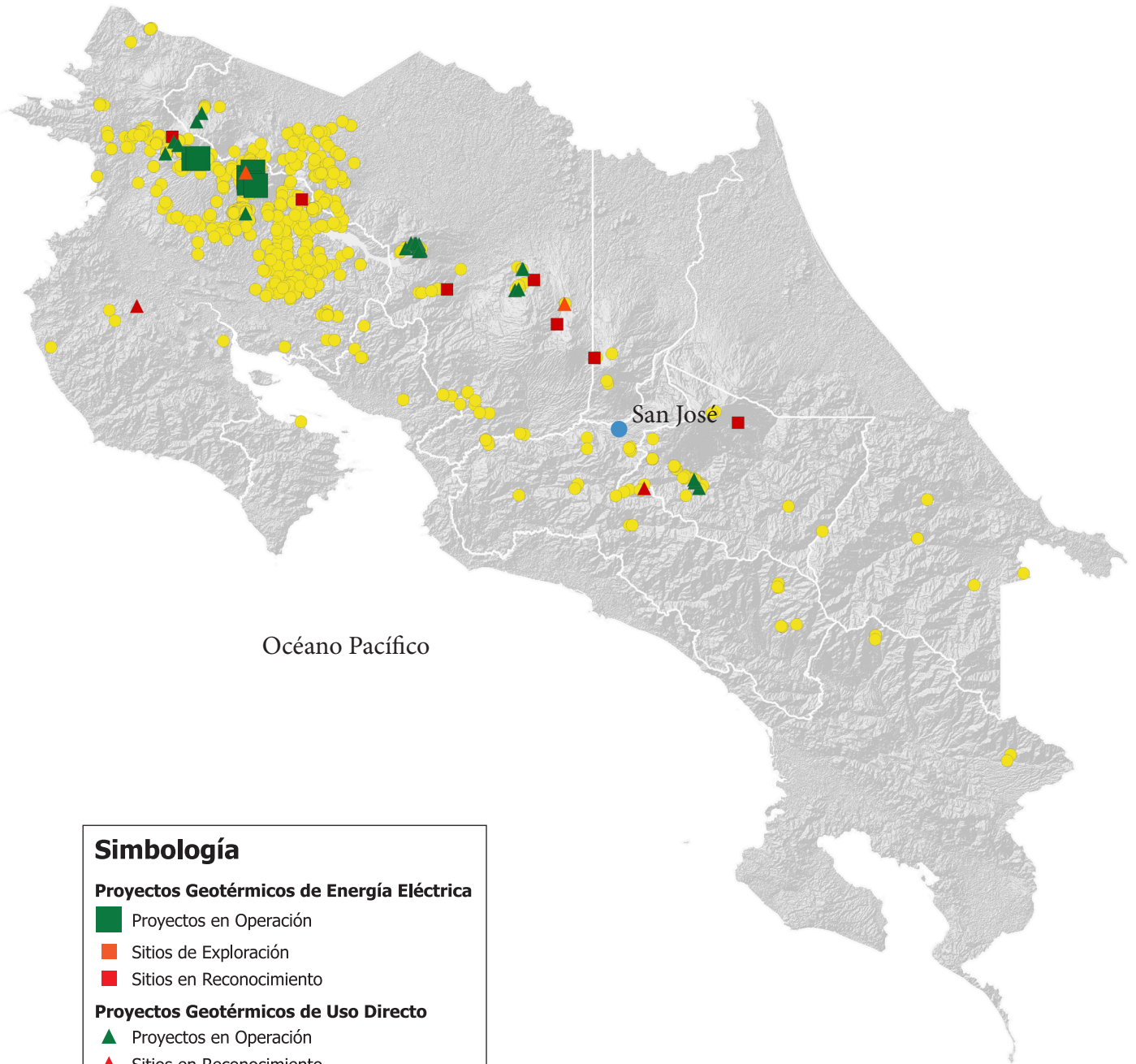
En las últimas décadas, producto del desarrollo y la posterior entrada en operación de las plantas geotérmicas por parte de ICE, de información complementaria, del desarrollo de experiencia y de la aplicación de nuevas tecnologías de investigación, se han evidenciado más anomalías geotérmicas, hasta ahora no consideradas para su aprovechamiento energético. Por tal razón, en atención a una solicitud del MINAE, el ICE está actualizando el estudio del Potencial Geotérmico de Costa Rica elaborado en 1991, cuyo informe será entregado en junio de 2022. Dentro de los alcances de dicho informe, además de los aspectos geocientíficos de rigor, están siendo consideradas las variables socio ambientales, uso de sensores remotos y la aplicación de la Clasificación Marco de las Naciones Unidas (CMNU) con sus especificaciones para los recursos geotérmicos.

VI. Capacidad técnica para la exploración geotérmica

Costa Rica a través del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), ha ido desarrollando desde 1980 las capacidades y preparación de especialistas nacionales para la exploración, desarrollo y explotación de los recursos geotérmicos para la generación eléctrica, gestión que se realiza desde el Centro de Recursos Geotérmicos, subdividido en tres unidades de trabajo, las cuales son: Desarrollo y Explotación de Yacimientos Geotérmicos, Perforación de Yacimientos Geotérmicos, y Operación y Mantenimiento de Campos Geotérmicos. Adicionalmente el Centro cuenta con los grupos de Ingeniería de Soporte al Proceso, además del soporte Administrativo y de Gestión Empresarial, que le permiten hacer frente a la logística requerida para la ejecución y seguimiento de los procesos técnicos y los compromisos sociales y ambientales. Los trabajos geofísicos se realizan en forma centralizada para todos los proyectos del ICE desde el Área de Exploración Subterránea del Negocio Ingeniería y Construcción.



Mar Caribe



Océano Pacífico

Simbología

Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica

■ Proyectos en Operación

■ Sitios de Exploración

■ Sitios en Reconocimiento

Proyectos Geotérmicos de Uso Directo

▲ Proyectos en Operación

▲ Sitios en Reconocimiento

Manifestaciones Geotermiales

● Manifestaciones Geotermiales

Mapa 4: Ubicación de Proyectos Geotérmicos y Aguas Termales en Costa Rica, (Elaboración propia según ICE, 2021)

El ICE es la única institución que cuenta con capacidades y un nivel de especialización en el aprovechamiento de los recursos geotérmicos, en las etapas de exploración, desarrollo y explotación. Cuenta con personal capacitado para los muestreos requeridos en las diferentes etapas, técnicas de medición, registros, así como capacidades de análisis, tales como registros termo hidráulicos en pozos geotérmicos, monitoreo de variables en pruebas de producción y caracterización de pozos, análisis y determinaciones químicas de muestras gaseosas, líquidas y sólidas (cromatografía de gases, volumetría, cromatografía líquida, voltamperimetría, difractometría entre otros), equipos para el control de parámetros de fluidos de perforación y lechadas de cementación, equipos de medición de radón y CO2 para estudios de campo, equipos de monitoreo de variables ambientales (H2S, CO2, niveles de ruido, entre otros). A nivel país, el ICE es la única institución que cuenta con equipos y experiencia para la perforación de pozos geotérmicos, con una amplia trayectoria en este campo.

La Universidad Nacional (UNA) a través del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSI-CORI), ente encargado de la vigilancia sísmica y volcánica del país, realiza muestreos y análisis de los parámetros volcánicos, incluyendo fluidos y gases con el objetivo de monitoreo volcánico.

Actualmente Costa Rica cuenta con las capacidades y recursos necesarios para llevar a cabo las diferentes etapas de un proyecto geotérmico a nivel nacional y no requiere la adquisición de servicios internacionales al respecto. En este contexto están presente varias instituciones científicas que pueden realizar investigaciones básicas en distintas áreas requeridas para la exploración geotérmica (Tabla 2). Las instituciones más reconocidas son UCR, UNA y TEC, las cuales participan y desarrollan actividades recientes de reconocimiento y desarrollo sobre todo para el Uso Directo de los recursos geotérmicos en el país. También el sector privado ofrece una cantidad de servicios relevantes.

Sensores remotos	Geología	Geoquímica	Geofísica	Perforaciones
Procesamiento de imágenes multispectrales, lidar, radar. (1,2,3,4,5,6)	Cartografía litoestratigráfica y estructural (1,2,3,6)	Análisis químico de Aguas Termales (1,3)	Potencial espontáneo	Perforación de pozos someros gradiente, "Slim holes" (1,6)
Levantamiento termal y fotogrametría DEM. Dron-UAV (1,3)	Análisis Petrográfico Básico (1,2,3)	Análisis de Gases Termales (1,3)	Magnetometría (1,2)	Perforación de pozos exploratorios geotérmicos (1)
Mapeo de lineamientos (1,2,3)	Mapeo e inventario de manifestaciones termales (1,3)	Geotermometría (1,3)	Gravimetría (1,2,3)	
	Medición de temperatura del suelo (1,2,3,6)	Química Hidrológica en fase líquida (1,3,6)	Métodos de Corriente Directa (1,2,3,6)	
	Hidrogeología (1,2,3,6)	Análisis de Isótopos (1,2,3,6)	(MT / TEM) (1)	
			Sismicidad (1,2,3)	
1 ICE 2 UCR 3 UNA 4 UTN 5 TEC 6 Empresa Privada				

Tabla 2: Capacidades técnicas institucionales para el desarrollo geotérmico

VII. Programas de educación e investigación en Geotermia

En Costa Rica existen varios programas de formación profesional, donde se abordan alcances asociadas a la exploración y explotación de recursos geotérmicos. La UCR es la única institución de educación superior en el país que cuenta con la carrera de geología, la cual en su oferta académica ofrece un curso optativo de geotermia, también en la Escuela de Ingeniería de Biosistemas aborda los usos de los recursos geotérmicos desde uno de los módulos del Programa de Energía en la Agricultura. Desde el Instituto Investigaciones de Ingeniería (INII) se realiza investigación sobre usos y tecnologías para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos. Una oportunidad adicional de relacionarse con la temática de geotermia la tiene la UTN, con una licenciatura en Ingeniería Energética que contempla un módulo al respecto.

Actualmente se está trabajando en la firma de una carta de entendimiento para la colaboración entre la UNA, ICE y UCR para llevar adelante un proyecto de investigación geotérmica en el marco del proyecto regional Yacimientos II.

Institución	Programa de educación
Universidad de Costa Rica (UCR)	<ul style="list-style-type: none"> • Licenciatura en Geología (14 períodos). Curso Optativo de Geotermia (64 horas) . • Bachillerato en Ingeniería Eléctrica con énfasis en Sistemas de Energía. • Licenciatura de Mecánica y Biosistemas (10 períodos). Curso de Energía en la Agricultura con Módulo de Geotermia. • Instituto de Investigaciones de Ingeniería. Investigación Geotérmica.
Universidad Técnica Nacional (UTN)	<ul style="list-style-type: none"> • Diplomado en Ingeniería Energética con énfasis en Manejo de Recursos Energéticos (6 períodos) . • Bachillerato en Ingeniería Energética con énfasis en Manejo de Recursos Energéticos (11 períodos, de los cuales 6 corresponden al Diplomado mencionado) . • licenciatura en Ingeniería Energética con énfasis en Fuentes Renovables (4 períodos). Con un módulo de Geotermia.
Universidad Earth	<ul style="list-style-type: none"> • Especialización en Energías Renovables (3 períodos) .

Tabla 3: Programas de educación e investigación en geotermia

VIII. Desafíos y oportunidades

Desafíos

Exploración del Recurso Geotérmico

En Costa Rica, desde la década de 1970, se genera constantemente nueva información sobre los recursos geotérmicos del país, aun así, se requiere un aprovechamiento integrado de la información en relación al potencial geotérmico del país y del inventario de manifestaciones hidrotermales, tomando en cuenta los Usos Directos en los diferentes rangos de temperatura.

La experiencia y capacidades para la exploración de los recursos geotérmicos del país está centralizado en el ICE. Para el futuro desarrollo de proyectos de usos directos del recurso geotérmico, sería necesario el fortalecimiento de las capacidades técnicas del sector terciario y especialmente el de las universidades.

La capacitación a los gobiernos locales para que desde la gestión Socioambiental y la promoción de desarrollo económico en temas como la planificación, el ordenamiento territorial y la apertura de facilidades para la implementación de negocios en la región, con el fin de que lleguen a concretar de forma eficaz mediante el logro de actividades comerciales que exploten en el futuro previsible los recursos geotérmicos como una alternativa real.

Institucionales / Políticas

Como se ha mencionado, por ley en Costa Rica el uso de los recursos de alta temperatura para la generación eléctrica es potestad únicamente del ICE. Actualmente no existe una normativa que regule el uso de los recursos geotérmicos de media y baja temperatura para Uso Directo, dicho aspecto se busca resolver con el proyecto de ley que actualmente está elaborando el MINAE.

Las universidades, aunque el país tiene un sector geotérmico de gran relevancia, no tienen grupos de investigación ni carreras especializadas en el aprovechamiento de los recursos geotérmicos, obviando la oportunidad de actualizar e innovar tecnologías en el país. Por último, los gobiernos locales deben cerrar el ciclo mediante la promoción de reglamentación técnica propia para promover, una vez formalizados los temas legales y tecnologías mencionados anteriormente, las facilidades y tramitología accesible y fácil para implementar la explotación comercial de estos recursos energéticos.

Socioambientales

En el ICE existe una amplia experiencia en el manejo de las variables sociales y ambientales para el desarrollo de proyectos geotérmicos para generación de electricidad, teniendo resultados muy positivos en el manejo de los compromisos con todas las partes interesadas, manejo de información del monitoreo de aspectos ambientales con el fin de reducir las probabilidades de materializar impactos negativos y potenciar los impactos positivos y relaciones de mutua conveniencia en el área de influencia.

No obstante, en el campo de explotación de recurso energético para Uso Directo, es fundamental crear un plan de desarrollo mediante la implementación de un plan regulador que proteja la posible creación de emprendimientos relacionados con el recurso geotérmico para la generación de empleo y bienestar en el cantón.

La creación de PYMES y MIPYMES en el país y fundamentalmente en las zonas de influencia de los recursos geotérmicos son una necesidad para facilitar la creación de empleo y crecimiento del PIB tomando en cuenta que los indicadores de pobreza tienden más bien a aumentar y en el mejor de los casos no bajan con el tiempo. Las zonas costeras reflejan en Costa Rica esos indicadores más pronunciados y el caso de Guanacaste no es la excepción.

Oportunidades

Exploración del Recurso Geotérmico

Debido a los desarrollos recientes de plantas geotérmicas, existen muchos datos actuales sobre todo en la región de Guanacaste en cuanto a los recursos geotérmicos.

Junto con El Salvador, Costa Rica es el único país que cuenta con los instrumentos y métodos necesarios para explorar y desarrollar recursos geotérmicos, tanto someros como profundos.

El ICE ha iniciado la actualización de métodos y técnicas para la exploración geotérmica, incluyendo la aplicación de drones como un instrumento para la captura de datos en tiempo real de las áreas de interés geotérmico.

Para mediados del 2022 se espera contar con el informe de actualización del Potencial Geotérmico de Costa Rica, incluyendo una redefinición de las provincias geotérmicas de Costa Rica.

La participación de los gobiernos locales ha sido una decisión estratégica ya que su participación agrega un valor relevante en el proceso de implementación del aprovechamiento geotérmico en el país. Además, la descentralización de las decisiones con los marcos regulatorios establecidos y el conocimiento generan la confianza necesaria para la toma de decisiones lo cual facilita la realización.

Institucionales / Políticas

El país requiere la aprobación de la ley de usos directos de la geotermia con el fin de ofrecer a los desarrolladores e interesados en la temática, el marco normativo y técnico adecuado para el desarrollo de proyectos.

El ICE podría ser un actor clave para orientar a los desarrolladores sobre las características del recurso disponible, los métodos adecuados para su aprovechamiento y los controles ambientales para garantizar el manejo sostenido del recurso.

Así mismo tanto las Universidades de Costa Rica como el TEC, pueden ofrecer asistencia técnica para el desarrollo de capacidades a los interesados en la temática. Se debe promover una mayor participación de las universidades como centros de investigación de tecnologías.

Socioambientales

Se deben crear espacios adecuados para la divulgación del potencial geotérmico del país, involucrando directamente a los gobiernos locales, cámaras de productores y otros actores que pueden ser estratégicos para la promoción de los recursos geotérmicos.

Durante las fases de exploración es necesario involucrar a los diferentes interesados, con el fin de que los propietarios, desarrolladores y vecinos conozcan los recursos disponibles en cada zona del país.

Se propone la creación de un curso libre o programa de geotermia para todo público, promovido por la Universidad Estatal a la Distancia en colaboración con la UCR.

IX. Referencias

- Alvarado, G y Vargas, A. (2017).** Historia del descubrimiento y aprovechamiento de las fuentes termales en Costa Rica. Revista Geológica de América Central. ISSN: 0256-7024. San José, Costa Rica.
- Centro Nacional Control de Energía (CENCE). (2020).** Generación y Demanda, Informe Anual 2020. San José.
- Centro Nacional Control de Energía (CENCE). (2020).** Informe de Atención de Demanda y Producción de Energía con Fuentes Renovables 2021. San José.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2018).** Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de Costa Rica. Ciudad de México.
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (1991).** Evaluación ICE 1991: Evaluación Potencial Geotérmico en Costa Rica. San José.
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (1997).** Participación del Estado en el Aprovechamiento de los Recursos Geotérmicos. San José.
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (2019).** Plan de Expansión de la Generación Eléctrica 2018-2034. San José.
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)- CENCE. (2022).** Informe de Atención de Demanda y Producción de Energía con Fuentes Renovables 2021. Versión 1. Febrero 2021. San José. Geoportal de Recursos Geotérmicos. San José.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2020).** Costa Rica: Datos reales de la demanda de energía eléctrica en Gwh1 y porcentaje de crecimiento escenario base por sector de consumo 2017-2019. San José.
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2019).** VII Plan Nacional de Energía 2015-2030: Actualización del Plan Periodo 2019-2030 (matriz de acciones y metas). San José.
- Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCIJ). (1976).** Ley de Geotermia N° 5961. San José.
- Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCIJ). (1982).** Ley de Minería N° 6797. San José.
- Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCIJ). (1995).** Ley Orgánica de Ambiente N° 7554. San José.
- Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCIJ). (1996).** Ley Forestal N° 7575. San José.
- Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCIJ). (2004).** Reglamento General sobre los procedimientos de evaluación de impacto ambiental. N° 31849. San José.
- Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCIJ). (1994).** Ley de Vida Silvestre N° 7317. San José.
- Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCIJ). (2010).** Ley de Residuos N° 8839. San José.
- Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCIJ). (2017).** Convenio de Cooperación para Préstamo Sectorial para el Desarrollo de Geotermia en Guanacaste con Agencia de Cooperación Internacional de Japón y Contrato de Financiación para el Proyecto Geotérmico Las PAILAS II con el Banco Europeo. Ley N° 9254. San José.



ESTADO DE LA GEOTERMIA EN **EL SALVADOR**

SEGURIDAD EN

PARA QUE SE PUEDA COMENZAR EL PROYECTO DE
CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA GEOTERMICA EN EL
CANTON DE SAN CARLOS, GUATEMALA.

ESTE DOCUMENTO DE SEGURIDAD EN
TRABAJO, ES UN DOCUMENTO QUE DEBE SER
LEIDO Y ENTENDIDO POR TODOS LOS TRABAJADORES
Y VISITANTES QUE SEAN ADMITIDOS EN EL
CANTON DE SAN CARLOS, GUATEMALA.

ESTE DOCUMENTO DE SEGURIDAD EN
TRABAJO, ES UN DOCUMENTO QUE DEBE SER
LEIDO Y ENTENDIDO POR TODOS LOS TRABAJADORES
Y VISITANTES QUE SEAN ADMITIDOS EN EL
CANTON DE SAN CARLOS, GUATEMALA.

ESTE DOCUMENTO DE SEGURIDAD EN
TRABAJO, ES UN DOCUMENTO QUE DEBE SER
LEIDO Y ENTENDIDO POR TODOS LOS TRABAJADORES
Y VISITANTES QUE SEAN ADMITIDOS EN EL
CANTON DE SAN CARLOS, GUATEMALA.

ESTE DOCUMENTO DE SEGURIDAD EN
TRABAJO, ES UN DOCUMENTO QUE DEBE SER
LEIDO Y ENTENDIDO POR TODOS LOS TRABAJADORES
Y VISITANTES QUE SEAN ADMITIDOS EN EL
CANTON DE SAN CARLOS, GUATEMALA.

ESTE DOCUMENTO DE SEGURIDAD EN
TRABAJO, ES UN DOCUMENTO QUE DEBE SER
LEIDO Y ENTENDIDO POR TODOS LOS TRABAJADORES
Y VISITANTES QUE SEAN ADMITIDOS EN EL
CANTON DE SAN CARLOS, GUATEMALA.

ESTE DOCUMENTO DE SEGURIDAD EN
TRABAJO, ES UN DOCUMENTO QUE DEBE SER
LEIDO Y ENTENDIDO POR TODOS LOS TRABAJADORES
Y VISITANTES QUE SEAN ADMITIDOS EN EL
CANTON DE SAN CARLOS, GUATEMALA.

I. Antecedentes

El Salvador está ubicado en el litoral del océano Pacífico de Centroamérica donde la placa de Cocos subduce la placa Caribe en dirección NE. La actividad tectónica como en muchos países de la región, se refleja en la concentración de volcanes activos dentro del graben formado por la subducción de las placas tectónicas. Hacia el borde sur de este graben, se ha desarrollado el vulcanismo cuaternario salvadoreño.

El país posee diferentes áreas geotérmicas diferenciadas por su temperatura. Se manifiestan en fuentes termales y fumarolas, tanto aquellas clasificadas como de alta temperatura > 150°C en su mayoría localizados en el eje volcánico cuaternario, y donde se encuentran los campos geotérmicos en explotación actual y exploración avanzada para generación eléctrica. Así como sistemas hidrotermales convectivos con temperatura intermedia 90 – 150°C, ubicados principalmente en el eje volcánico terciario del país. Para la generación eléctrica, se estima la posible existencia de una reserva de energía geotérmica explotable de 644 +/- 248 MWe a nivel nacional (Guidos & Burgos, 2012).

Las investigaciones para validar el potencial geotérmico de El Salvador comenzaron en los años 60s bajo la cooperación con las Naciones Unidas. A partir de los resultados de los estudios de exploración, se perforaron cinco pozos profundos en todas las zonas prometedoras del país. Entre 1980 – 1992 todas las actividades geotérmicas fueron limitadas debido a la guerra civil, la cual interrumpió la economía nacional. A pesar de estas circunstancias, El Salvador ha sido capaz de desarrollar una industria de energía geotérmica reconocida a nivel mundial y se convirtió en un modelo para muchos países en desarrollo (Guidos & Burgos, 2012). Uno de los pozos perforados, el pozo AH-1, con sus características de producción, dio paso al desarrollo geotérmico en Ahuachapán en 1975. Este campo se amplió con nuevas unidades hasta 2008. El campo geotérmico de Berlín fue desarrollado en una multitud de etapas desde 1992, cuando entró en operación una instalación de 2 unidades de 10 MW y una de 5 MW a contrapresión. En 1999 siguió una nueva central a condensación de 56 MW mediante 2 unidades de 28 MW cada una y en 2005 inició su operación comercial una unidad a condensación de 44 MW. Finalmente, en 2007 se agregó una planta binaria de 9.4 MW. A la fecha de este reporte, la planta del Campo Geotérmico de Berlín, aún posee una capacidad instalada total de 204.4 MW (CNE, 2021). Aparte de estos dos campos en operación se encuentran otros dos campos geotérmicos en desarrollo tales como el Campo Geotérmico de San Vicente y el Campo Geotérmico de Chinameca.

LAGEO es una empresa estatal y es la única concesionaria para el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica utilizando los recursos geotérmicos en El Salvador. Asimismo, en cuanto al Uso Directo, LAGEO juega un rol principal en el desarrollo e innovación en el ámbito. En 2003, se inició el primer estudio de Uso Directo para secado de frutas en

el Campo Geotérmico de Ahuachapán. Luego, un prototipo en base de estos estudios fue construido en el Campo Geotérmico de Berlín (Recinos, 2014). Sin embargo, este proyecto no se continuó debido a limitaciones de mercado. A nivel de prototipos desarrollados en LA-GEO en 2017 – 2018 se encuentran los procesos de secado de café, elaboración de velas y pasteurización de leche.

Algunos de estos proyectos de Uso Directo fueron desarrollados por LAGEO para ser operados por su fundación FUNDAGEO con fines sociales. Bajo esta estrategia, en el campo geotérmico de Berlín, se instaló en 2021, un secador de café de escala industrial y de tipo rotativa, conocido como “Guardiola”, lo cual tiene como propósito principal extraer la humedad al grano en su etapa de café húmedo a pergamino seco.

A nivel comercial, en El Salvador solamente se encuentran proyectos de Uso Directo para balneología y turismo, tales como Termales de Santa Teresa en Ahuachapán y Thermal Paradise Villa en Caluco, Sonsonate. Un uso comercial de calor o frío no se ha desarrollado hasta el presente, pero hay un interés gubernamental al respecto.

II. Matriz energética nacional y prospectiva

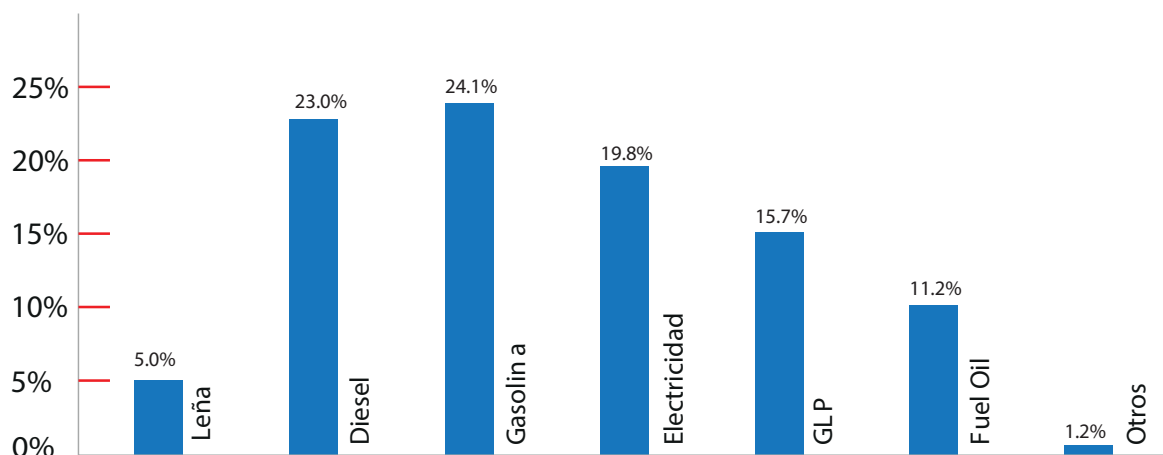


Gráfico 14: Matriz Energética Nacional, (Elaboración propia según CNE, 2019)

Según datos de consumo energético final por fuente a partir del balance energético realizado para el año 2019 (CNE, estadísticas, 2020), se observa que los mayores consumos a nivel nacional fueron las gasolinas y diésel con 24.1% y 23% respectivamente (Gráfico 14). Analizando la sectorización del consumo eléctrico de 2020, el sector de mayor consumo de energía de El Salvador es el residencial con un 31%, seguido por el sector industrial con 28% y comercial con un 21% (CNE, 2020). Considerando el consumo de energía eléctrica en el sector residencial y específicamente lo que se utiliza para los equipos de aire acondicionado se tiene una oportunidad de introducir la aplicación de Uso Directo por medio de bomba de calor.

En los últimos años, se ha promovido e incentivado la incorporación de tecnologías de energías renovables no convencionales tales como solar fotovoltaico y eólico, logrando alcanzar al año 2020 una participación total de 8.23% en la matriz eléctrica, a lo cual se agregan otras tecnologías de energías renovables como hidroeléctrica y biomasa que han sido tecnologías convencionales con un 42%. Los combustibles fósiles tienen una participación del 15 % (Gráfico 15). La geotermia específicamente en 2020 ha aportado el 24% de la energía eléctrica generada. Este porcentaje se alcanza debido a las centrales geotérmicas de Ahuachapán y Berlín, generando en promedio 1,450 GWh por año. Con relación a la capacidad instalada, no se ha aprovechado al máximo el potencial geotérmico del país.

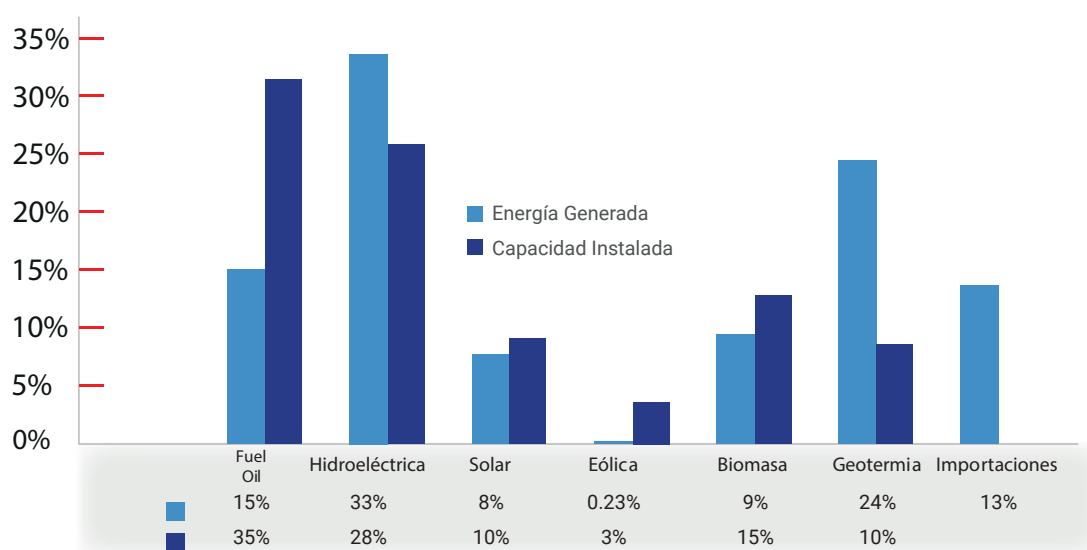


Gráfico 15: Capacidad instalada y generación de energía por tecnología, (Elaboración propia según CNE, 2020)

No obstante, el Consejo Nacional de Energía prevé la entrada de cuatro plantas geotérmicas nuevas en el Plan Indicativo de Expansión de Generación Eléctrica de El Salvador 2020-2030 (Gráfico 16). La entrada de la planta geotérmica de Chinameca está prevista hasta 2023 con

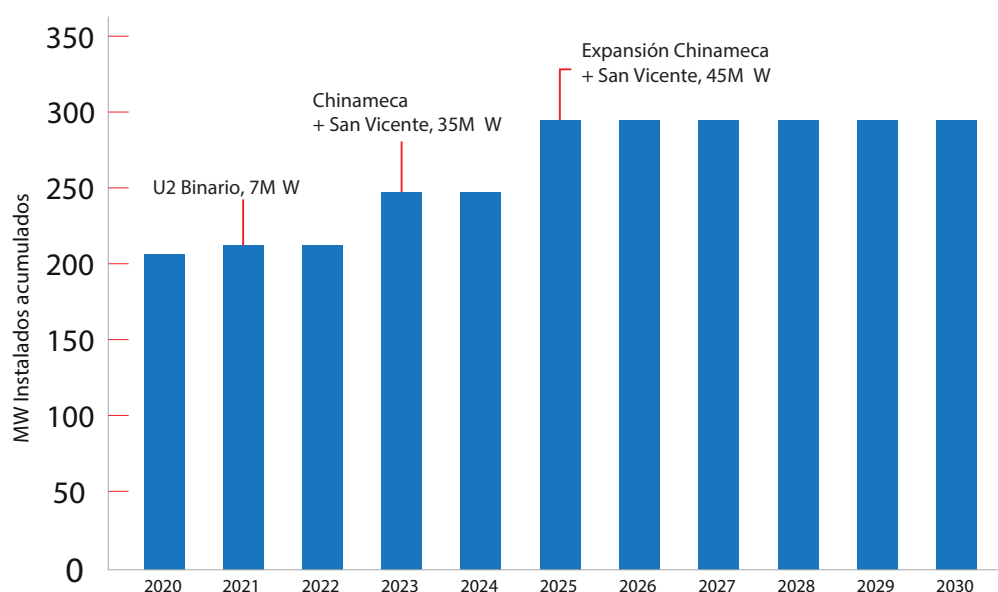


Gráfico 16: Prospectiva de incorporación de plantas geotérmicas al 2030, (Elaboración propia según CNE, 2021.)

25 MW, con una ampliación de otros 25 MW en 2025. Tanto como la planta de San Vicente, que se prevé con 10 MW entrando en el año 2023 y con una ampliación de 20 MW hasta 2025. La planta binaria II con 7 MW, planificada para el año 2021 está aún en proceso de construcción. Al realizar esta planificación, se alcanzará una capacidad instalada de 87 MW de energía geotérmica para el año 2030.

El Uso Directo ya se contempla en la Política Energética Nacional (PEN) del país. Las actividades al respecto se están continuando y se observa un aumento de interés del gobierno central.

III. Políticas públicas y marco regulatorio

En El Salvador las actividades geotérmicas se desarrollan sobre todo para el subsector eléctrico. Al respecto, existen varias leyes con aplicación directa en los desarrollos de los recursos geotérmicos del país.

La Ley General de Electricidad, dio base para la creación de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET) en 1996, permitiendo la regulación, orden, organización y fiscalización de las concesiones para la explotación del recurso geotérmico mediante el Decreto Legislativo No. 808. En la Ley también se establece la propiedad estatal de los recursos geotérmicos y que las concesiones tienen una duración máxima de 30 años y se manejan bajo del derecho único de LAGEO. Otro decreto clave para la organización del sector energético de El Salvador es el Decreto Legislativo No.404 de 2007 que da función a la CNE como rector del sector.

Según el Decreto Legislativo 146 del 31 de agosto 2021, se presenta la reforma de la Ley General de Electricidad, donde se establece que la generación de energía eléctrica a partir de la explotación de recursos hidráulicos y geotérmicos, requerirán de concesión aprobada por la Asamblea Legislativa, y no aplica a la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, ni a las sociedades mercantiles resultantes del proceso de reestructuración de CEL o en las que CEL tenga una participación mayoritaria y control directo, entre estas LAGEO.

El marco al sector energético del país se define en la Política Energética Nacional (PEN), la cual tiene el fin de garantizar el abastecimiento y consumo de recursos energéticos que El Salvador requiere para su desarrollo bajo un enfoque de sostenibilidad, modernización, eficiencia, seguridad y neutralidad de carbono durante los próximos 30 años. Además, permite que los recursos energéticos como la geotermia tengan un rol principal y aumento en la participación de generación. La PEN actual 2020-2050 de El Salvador, a diferencia a otros países de la región, incluye el aprovechamiento de los recursos de mediana y baja temperatura para procesos productivos industriales o agrícolas.

Además, la Ley de Medio Ambiente y su Reglamento por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) creado en 1996 incluye los instrumentos legales que permiten que los proyectos geotérmicos del país sean ejecutados en armonía con el entorno y la población.

No existe una consideración de autoridades locales en la planificación energética del país. A nivel gubernamental, existe desde 2009 una ley de incentivos fiscales para energías renovables que permite estimular la inversión en dichos recursos.

IV. Estructura Institucional para el desarrollo de la Geotermia

En El Salvador la autoridad superior, rectora y normativa del sector energético y responsable de la creación de la Política Energética Nacional (PEN) es el Consejo Nacional de Energía (CNE). El CNE fue creado en el año 2007 con la finalidad de establecer la política y estrategia para promover el desarrollo eficiente del sector energético. Es dirigido por una Junta Directiva que está compuesta por los titulares de las instituciones siguientes: Ministerio de Economía (MINEC), Ministerio de Hacienda (MH), Ministerio de Obras Públicas (MOP), Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y Defensoría del Consumidor. Coordinando estrechamente con la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), un ente autónomo para la generación eléctrica a través de recursos naturales y, referente a proyectos geotérmicos se encuentra LAGEO, subsidiaria de CEL. LAGEO es una empresa de capital del Estado, dedicada a la producción de energía eléctrica, utilizando de manera racional y sostenible los recursos geotérmicos de El Salvador.

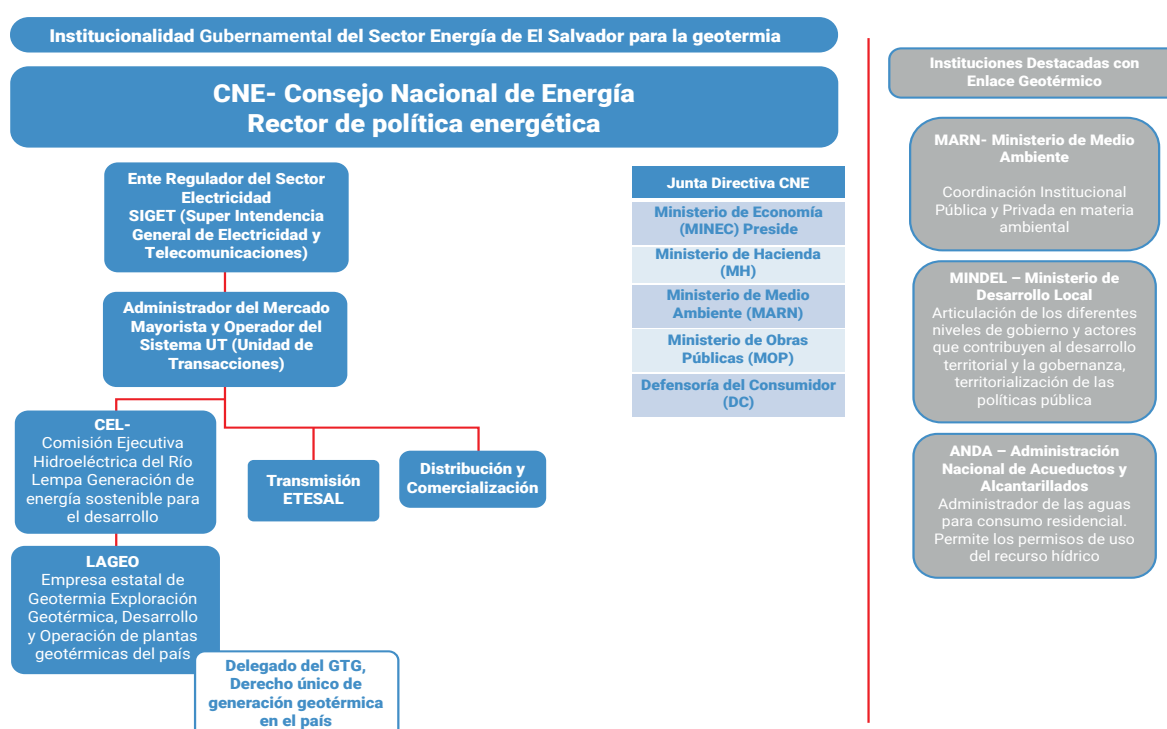


Gráfico 17: Visualización del sector energético estatal relevante para la geotermia del país

También fuertemente enlazado a los proyectos geotérmicos de generación eléctrica, es la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET). La SIGET es la entidad responsable de regular y aprobar los cargos definidos en la Ley General de Electricidad (LGE), aplicando las sanciones establecidas, dictar normas y estándares técnicos del sector.

Además, vigila la ejecución y el cumplimiento de las condiciones de las concesiones energéticas de generación que hacen uso de recursos hídricos y geotérmicos.

La Unidad de Transacciones (UT) es la entidad encargada de la administración del Mercado Mayorista de Electricidad con la función de operar el sistema de transmisión de energía eléctrica, mantener la seguridad del sistema eléctrico de potencia y asegurar la calidad mínima de los servicios.

Teniendo en cuenta la estructura del mercado eléctrico por lo general, la Empresa Transmisora de El Salvador (ETESAL) es la única empresa transmisora del país, siendo otra subsidiaria de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL).

En cambio, empresas privadas están realizando la distribución de energía en forma exclusiva. En la parte de comercialización participan tanto empresas privadas como estatales.

Un rol significativo para el sector energético del país lo tiene el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el cual maneja el Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente (SINAMA) que es un consejo coordinado por el MARN y formado por diferentes instituciones del Estado.

Tiene como objetivo la evaluación ambiental en los proyectos de energía renovables y otorgar el permiso ambiental y validar por medio de auditorías ambientales y consultas públicas que abordan aspectos sociales y ambientales. Todos los proyectos geotérmicos del país requieren en esta base de legitimación.

V. Inventario de los Recursos Geotérmicos

El potencial geotérmico de El Salvador fue primeramente identificado en los años 60's por el PNUD y evaluado a más profundidad en 1987, por la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL). En base de estos estudios, se estima la posible existencia de una reserva de energía geotérmica explotable de 644 +/- 248 MW con sistemas de convección de agua caliente hidrotermal con temperaturas en el reservorio mayores a los 150°C. A través de estudios por LAGEO se identificaron varias áreas geotérmicas de interés, entre ellas Coatepeque, Conchagua y Chilanguera. Con los avances tecnológicos podrían identificarse nuevas áreas,

tomando en cuenta nuevas oportunidades de tecnología binaria y opciones de aprovechamiento de la geotermia somera.

En la actualidad hay dos campos geotérmicos en operación en el país (Mapa 5), el Campo Geotérmico de Ahuachapán que ha sido operado desde 1975 teniendo a la fecha 47 años en explotación y el Campo Geotérmico de Berlín operado desde 1992 teniendo a la fecha 30 años de explotación. Otros dos campos se encuentran en fase de estudio de factibilidad, los cuales han probado la existencia de recursos de alta temperatura en el Campo Geotérmico de Chinameca y el Campo Geotérmico de San Vicente.

Así mismo, según el inventario del recurso geotérmico existente para El Salvador, se identifican aproximadamente 123 manifestaciones hidrotermales (Mapa 5). Debido a los objetivos de creación de dicho inventario para la búsqueda de sitios de interés para la generación eléctrica en su tiempo, se puede considerar útil una actualización de ello con un enfoque de incluir manifestaciones hidrotermales de interés de Uso Directo térmico.

Con relación a proyectos de Uso Directo, se han identificado varios proyectos planificados para los años 2021-2023 por LAGEO, con la cooperación del Consejo Nacional de Energía de El Salvador (CNE), la Cooperación Alemana y el Banco Mundial (WB), tales como: Secador de granos de café Berlín (SECABE) – 2021, frío geotérmico para la generación de frío industrial.

Existe una “Actualización del Potencial Geotérmico” a desarrollarse en el periodo de 2021 a 2023, donde se ha programado actualizar, integrar y evaluar los datos existentes en Áreas de nuevos Proyectos Geotérmicos, sean estos para generación eléctrica y/o usos directos, tales como las Áreas Geotérmicas de Metapán, Agua Caliente, Santa Rosa de Lima, entre otras áreas.

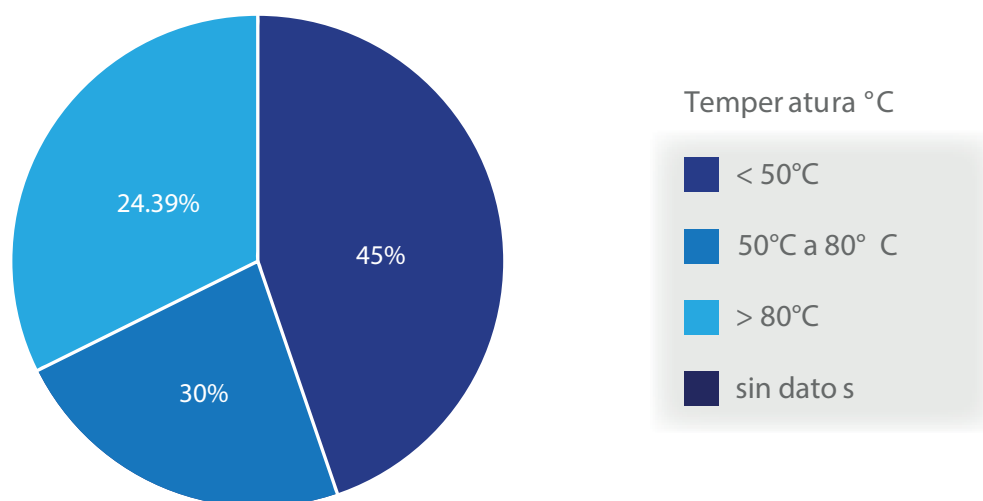
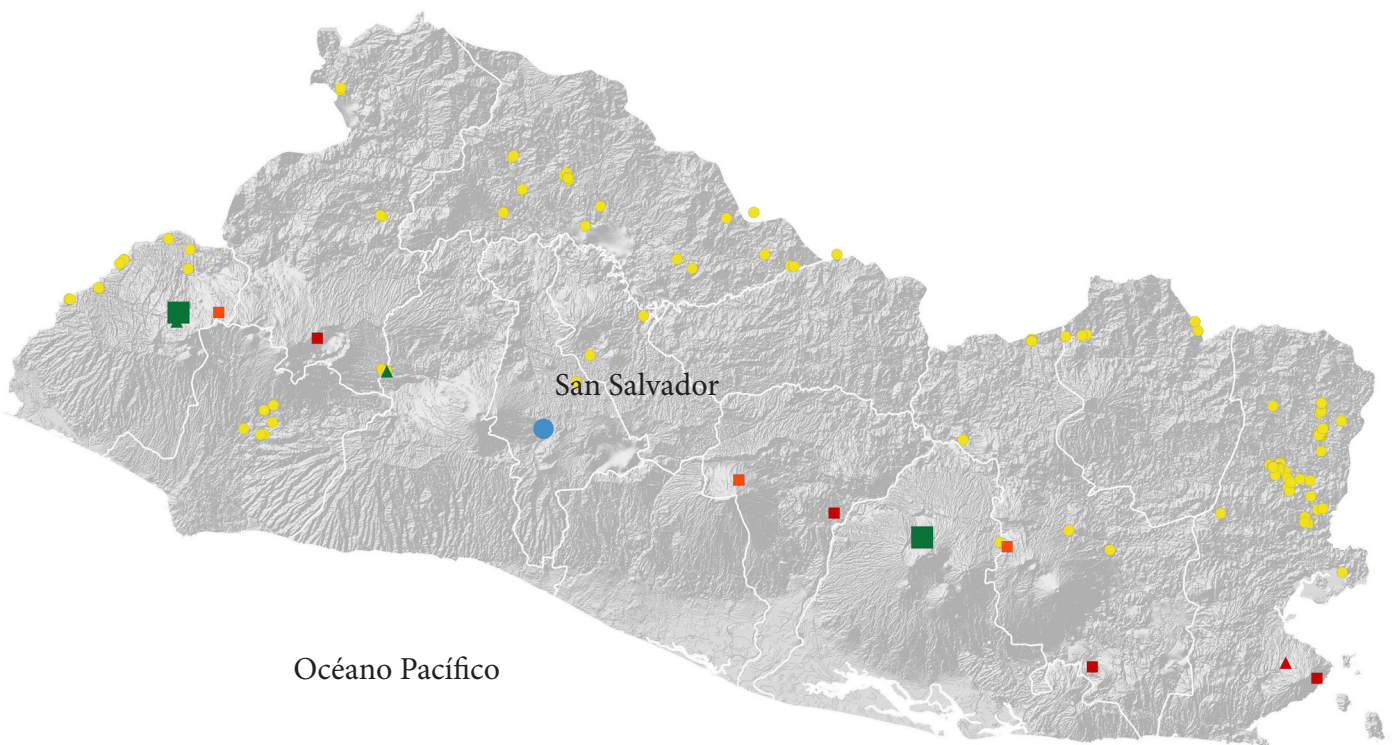
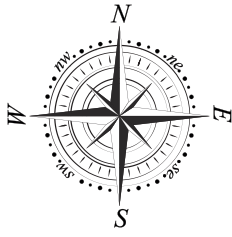


Gráfico 18: Manifestaciones Hidrotermales por rangos de temperatura (en porcentaje), (Elaboración propia según LAGEO, 2021)



Simbología

Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica

- Proyectos en Operación
- Sitios de Exploración
- Sitios en Reconocimiento

Proyectos Geotérmicos de Uso Directo

- ▲ Proyectos en Operación
- ▲ Sitios en Reconocimiento

Manifestaciones Geotermiales

- Manifestaciones Geotermiales

Mapa 5: Ubicación de Proyectos Geotérmicos y Aguas Termales en El Salvador. (Elaboración propia según LAGEO, 2021)

De la información del inventario del recurso geotérmico de 2009, se puede indicar que un 30% de las manifestaciones geotérmicas tienen una temperatura entre 50 y 80 °C, cuyo contenido calórico proporciona un potencial aprovechable para fines de usos directos. El 24.39% de las manifestaciones hidrotermales presentan temperaturas arriba de 80 °C y podrían proporcionar oportunidades de aprovechamiento mediante el uso de plantas de tipo binarias o para procesos (agro) industriales térmicos de calentamiento y/o enfriamiento (Gráfico 18).

VI. Capacidad técnica para la exploración geotérmica

En El Salvador existe amplia experiencia en el desarrollo de proyectos geotérmicos con la incidencia de instituciones del estado, como LAGEO, UES, MARN y empresas privadas dedicadas al aprovechamiento, investigación y/o protección de los recursos geotérmicos de El Salvador. Esta experiencia abarca todas las fases del desarrollo geotérmico (Tabla 4).

Sensores remotos	Geología	Geoquímica	Geofísica	Perforaciones
Procesamiento de imágenes multispectrales, lidar, radar. (3,4) ✓	Cartografía litoestratigráfica y estructural (1,3) ✓	Análisis químico de Aguas Termales (1,2,3) ✓	Potencial espontáneo (1,2) ✓	Perforación de pozos someros gradiente, "Slim holes" (1,4) ✓
Levantamiento termal y fotogrametría DEM. Dron-UAV (4) ✓	Análisis Petrográfico Básico (1,2) ✓	Análisis de Gases Termales (1) ✓	Magnetometría (1,2) ✓	Perforación de pozos exploratorios geotérmicos (1) ✓
Mapeo de lineamientos (1) ✓	Mapeo e inventario de manifestaciones termales (1) ✓	Geotermometría (1) ✓	Gravimetría (1) ✓	
Herramientas de SIG (1,2) ✓	Medición de temperatura del suelo (1,2) ✓	Química Hidrológica en fase líquida (1,2,3) ✓	Métodos de Corriente Directa (1,2) ✓	
	Hidrogeología (3) ✓	Análisis de Isótopos (1) ✓	(MT / TEM) (1) ✓	
			Sismicidad (1,3) ✓	
1 LAGEO 2 UES 3 MARN 4 Empresa Privada				

Tabla 4: Capacidades técnicas institucionales para el desarrollo geotérmico

Es importante destacar que el Laboratorio Geoquímico de LAGEO cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad bajo la Norma ISO/IEC 17025 desde el año 2003. Bajo este sistema de gestión se garantiza la competencia técnica del servicio con estándares internacionales. En el país no se cuenta con otro laboratorio con las mismas capacidades, asimismo destaca dicha capacidad a nivel regional.

LAGEO por su experiencia específica en el desarrollo de proyectos geotérmicos, tiene la capacidad de brindar asistencia técnica al respecto, con el fin que los proyectos geotérmicos cumplan con los requisitos de sustentabilidad y sostenibilidad. Además de las capacidades técnicas presentadas en la (Tabla 4), LAGEO cuenta con especialidades en las diferentes ramas de geociencias. En geología, se incluyen el análisis por difracción de rayos X y estudios de inclusiones fluidas. En geoquímica se realiza el estudio de gases difusos y el potencial de incrustación de mineral, mientras que en perforación se realizan diseños de pozos, control geológico y estimulación de pozos.

Por otro lado, se remarca la necesidad de adquirir competencias en levantamientos termales y fotogrametría partir de la herramienta UAV (drones). Esta competencia no se encuentra desarrollada a cabalidad en el sector geotérmico, aunque El Salvador hospeda uno de los proveedores oficiales de drones para este tipo de levantamientos.

VII. Programas de educación e investigación en Geotermia

El Salvador cuenta con el único Centro de Capacitación Regional que ofrece el Diplomado de Geotermia para América Latina. Este programa se implementa bajo una cooperación entre el Programa de Capacitación Geotérmica de la UNESCO-GRO-GTP (Geothermal Training Program Under the auspices of United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) y LAGEO. El diplomado cuenta con el apoyo académico de la Universidad de El Salvador (UES).

El Diplomado lleva trayectoria desde 2010, inicialmente con el apoyo de la Cooperación Italiana junto con la Universidad de El Salvador (UES) y LAGEO. La 4ta y la 5ta ediciones (2014 – 2015) se desarrollaron bajo el convenio entre el CNE, la UES y LAGEO, con la cooperación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y del Fondo Nórdico (NDF por sus siglas en inglés). Desde 2016 el diplomado se implementa a través de un convenio directo con el Ministerio de Exteriores de Islandia con LAGEO y UNESCO GRO-GTP. La calidad del diploma es reconocida en la región Latinoamericana y ha influido al nombramiento de LAGEO como “Centro de Excelencia Geotérmico” de la Región por IRENA (IRENA, 2018).

La capacitación consiste aproximadamente de 15 semanas de clases teóricas, visitas al campo y trabajo práctico, cubriendo temáticas desde conceptos generales de geotermia, geología, geoquímica, geofísica, modelos conceptuales, perforación, ingeniería de reservorio, central geotérmica, aplicaciones de media y baja entalpía, manejo ambiental y social de proyectos, política energética y la elaboración de un proyecto final.

Este programa de diplomado otorga 10 becas a los participantes de los países de América Latina por edición. Los países que han participado en las becas históricamente son Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Perú. Adicionalmente, se ofrecen 10 becas para estudiantes nacionales.

El perfil requerido de los participantes es una licenciatura en geología, geofísica, física, geoquímica, química, ingeniería (mecánica, química, civil, industrial, electricista, etc.) y/o ciencia ambiental. Pueden aplicar profesionales con experiencia en geotermia y/o estudiantes egresados con un nivel intermedio de inglés y una edad menor a 40 años. A nivel nacional, existen varios centros de educación superior (universidades) que ofrecen programas de pregrado y posgrado en el área de energías renovables, con clases específicas en geotermia.

Se destaca la Universidad de El Salvador con su enlace directo a los trabajos de LAGEO y su experiencia en la parte de geofísica relevante para la exploración geotérmica. Junto con el CNE forma parte de un grupo de trabajo para implementar nuevos métodos de exploración, utilizando drones y para explorar nuevas áreas de interés geotérmico, fuera del uso convencional de generación eléctrica.

El Salvador es uno de los dos países de la región, que recientemente han desarrollado expertis en la aplicación de la Clasificación Marco de las Naciones Unidas (UNFC por sus siglas en inglés) con sus especificaciones geotérmicas. LAGEO por su experiencia ha logrado probar la aplicabilidad en sus proyectos geotérmicos de generación eléctrica, tanto en exploración como en operación.

Por sus conocimientos amplios, LAGEO es la institución delegada al Grupo Técnico de Geociencias GTG de la Unidad de Coordinación de Energía del SICA por parte de El Salvador. La delegación tiene un rol importante como proveedor de experiencias al grupo.

Asimismo, a nivel nacional, existen varios centros de educación superior que ofrecen programas de pregrado y posgrado en el área de energías renovables, con clases específicas en geotermia como se presentan en (Tabla 5):

Institución	Programa de educación
Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA)	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería Energética con clases generales de geotermia en Ciclo VIII, Cuarto Año. • Ingeniería Geológica (Facultad de Ciencias Agronómicas) con clases generales de geotermia en Ciclo VII, Cuarto Año.
Universidad de El Salvador (UES)	<ul style="list-style-type: none"> • Licenciatura en Geofísica (Facultad de Ciencias Naturales y Matemática); Facultad Multidisciplinaria de Occidente con clases generales de geotermia en Ciclo VIII, Cuarto Año. • Maestría en Energías Renovables y Medio Ambiente (Facultad de Ingeniería y Arquitectura), con clases generales de geotermia
Universidad Don Bosco (UDB)	<ul style="list-style-type: none"> • Maestría en Gestión Energética y Diseño Ambiental con clases generales de geotermia en Ciclo II y III.

Tabla 5: Programas de educación e investigación en geotermia

VIII. Desafíos y oportunidades

Desafíos

Exploración del Recurso Geotérmico

El recurso geotérmico en El Salvador es abundante y distribuido a lo largo del país. Aunque existe amplia experiencia en geotermia en el país, esta se concentra en pocas instituciones, especialmente en LAGEO y abarca sobre todo el sector de proyectos de generación eléctrica.

Se requiere una distribución de competencias hacia otras instituciones incluyendo el sector privado para abarcar mejor el mercado de Uso Directo con perspectivas comerciales. Asimismo, existe la necesidad de actualizar capacidades en El Salvador, con métodos innovadores en la exploración y explotación geotérmica para fomentar capacidades desarrolladas en las últimas décadas.

El inventario del recurso geotérmico del país es de 2009 y fue diseñado para la identificación de áreas geotérmicas, primordialmente para la generación eléctrica. Recientemente ha crecido el interés en usos directos que requiere una actualización del inventario, incluyendo manifestaciones no convencionales al mapeo.

Las autoridades locales tienen muchas veces conocimientos sobre ubicaciones de manifestaciones que hasta el momento no han sido mapeados, las cuales deberían considerarse parte de este tipo de actividad, para optimizar el proceso y la calidad del mapeo.

Institucionales / Políticas

Se requiere el fortalecimiento en el marco regulatorio, políticas y estrategias específicas para el desarrollo geotérmico nacional. Para el Uso Directo no hay un ámbito regulado en el presente, para lo cual es necesario implementar procesos formales de coordinación interinstitucional.

Existe una necesidad de intensificar el trabajo interinstitucional entre entidades gubernamentales y la academia para la realización de estudios geotérmicos más detallados que permitan un desarrollo propositivo de la geotermia en El Salvador.

El actual mercado energético se enfoca solamente para la venta de electricidad. Por esto los esfuerzos institucionales sobre todo (menos de algunas iniciativas pilotos de LAGEO) se dirigen a este lado del sector y excluyen las oportunidades de Uso Directo, donde todavía hay una necesidad de desarrollo de un mercado.

Socioambientales

Como en todos proyectos de infraestructura, se requiere un fuerte involucramiento de la comunidad con métodos participativos e inclusión social, demostrando los beneficios de la geotermia a nivel local.

Oportunidades

Exploración del Recurso Geotérmico

Con LAGEO y la UES el país cuenta con experiencia importante en la aplicación de métodos de exploración. Fomentando el Diplomado de Geotermia en combinación con una maestría en la UES con enfoque geotérmico, puede ampliarse significativamente el rol de El Salvador como capacitador geotérmico a nivel nacional e internacional.

La actividad académica existente puede utilizarse para generar información geotérmica a nivel nacional, iniciando cooperaciones de elaboración de trabajos de tesis aportando directamente a mapeos y proyectos piloto.

Existe una planificación para la actualización del potencial geotérmico de El Salvador tanto iniciativas en cooperación nacional como internacional. Se puede aprovechar esto para fomentar nuevos profesionales e incluir sitios geotérmicos no convencionales, tanto como para generar experiencias de identificación y desarrollo de un mercado comercial de aprovechamiento de calor.

Institucionales / Políticas

En cuanto al aprovechamiento del recurso de baja temperatura para balneología, la legislación en El Salvador no es rigurosa. Basta con que el propietario de un inmueble lo localice en su área y pueda utilizarlo con fines terapéuticos y turísticos. Bajo este concepto funcionan los desarrollos turísticos como Termas de Alicante y Termas de Santa Teresa en Ahuachapán, Termos del Río en La Libertad, etc. (Monge, 2016).

Socioambientales

A nivel nacional no se ha experimentado oposición enfrentando desarrollos de proyectos geotérmicos. El modelo de FUNDAGEO ha generado buenas prácticas en la parte de comunicación y participación comunitaria con relación a recursos geotérmicos. Esto tiene potencial de ser modelo para otras empresas desarrolladoras en la región.

IX. Referencias

- Asamblea Legislativa. (1996).** Ley General de Electricidad. Decreto Legislativo No. 843 de la Asamblea. San Salvador.
- Asamblea Legislativa. (2013).** Ley Reguladora para el Otorgamiento de Concesiones de Proyectos de Generación Eléctrica en pequeña Escala. Decreto No. 460 de la Asamblea Legislativa. San Salvador.
- Asamblea Legislativa. (2021).** Reformas a la Ley General de Electricidad. Decreto No. 146 de la Asamblea Legislativa. San Salvador.
- Consejo Nacional de Energía (CNE), LAGEO, Universidad de El Salvador (UES). (2020).** Propuesta: Geotermia comunitaria y la exploración superficial integradas en el desarrollo territorial, Proyecto: Identificación de yacimientos de energía geotérmica en Centroamérica para el desarrollo comunitario. San Salvador.
- Consejo Nacional de Energía (CNE). (2012).** Plan Maestro para el Desarrollo de la Energía Renovable en El Salvador. Resumen de Documento. San Salvador.
- Consejo Nacional de Energía (CNE). (2021).** Estadísticas CNE. San Salvador.
- Consejo Nacional de Energía (CNE). (2021).** Geotermia comunitaria y la exploración superficial integradas en el desarrollo territorial; presentación de propuesta para el proyecto Yacimientos II. San Salvador
- Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH / (FOGEO).** Registro de empresas que hacen Uso Directo de recursos geotérmicos de baja y media entalpía, y recopilación de información sobre características técnicas y económicas de los mismos en El Salvador. San Salvador.
- González, A. M. (2013).** Propuesta metodológica para elaboración de normativa técnica ambiental y social para desarrollo sostenible de proyectos de geotérmicos de alta y baja entalpía en El Salvador con fines de aprovechamiento de energía térmica y eléctrica. Diplomado de Especialización en Geotermia, Edición 2013. San Salvador.
- Guidos, J. & Burgos, J. (2012).** Geothermal Activity and Development in El Salvador- Producing and Developing. Santa Tecla, El Salvador: Proc. Short Course on geothermal Development and Geothermal Wells. <https://orkustofnun.is/gogn/unu-gtp-sc/UNU-GTP-SC-14-07.pdf>
- Haebig, M. (2016).** ¿Estancamiento en un paraíso geotérmico? ¿Cómo realizar el potencial de la geotermia en Centro América?
- Instituto Ítalo-Latinoamericano (IILA). (2010).** Estado Actual y Desarrollo de los Recursos Geotérmicos en Centroamérica. Cuadernos IILA. Nueva Serie Técnico-Científica. <http://www.sociedadgeologica.org.gt/images/pdf/instituto-italo-latinoamericano-estado-actual-y-desarrollo-de-los-recursos-geotermicos-en-centroamerica.pdf>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020).** Evaluación del Estado de Preparación de Energía Renovables El Salvador. <https://www.irena.org/publications/2020/Dec/Renewables-Readiness-Assessment-El-Salvador-ES>
- LAGEO. (2013).** Información general de Laboratorio Geoquímico. San Salvador.
- World Bank (WB). (2021).** El Salvador – Preliminary Review of Geothermal Resources at Ahuachapán and Conchagua, La Unión Feasibility study for two pilot projects on direct use applications of geothermal resources.



ESTADO DE LA GEOTERMIA EN
GUATEMALA

I. Antecedentes

Guatemala es el país más septentrional de Centroamérica, por medio del cual limita la región SICA con México. Al este limita con Belice, al sureste se encuentran las fronteras con Honduras y El Salvador, y al sur tiene su costa en el Océano Pacífico.

En Guatemala, la zona de subducción de las placas Caribe y Cocos se ubica 50 km frente de la costa pacífica (Stanford University, 2005). Como en los otros países vecinos, esto ha llevado al desarrollo de la cadena volcánica la cual es prominente en el país y existe una gran densidad de áreas con manifestaciones hidrotermales en el sur del territorio y a lo largo de las importantes fallas Motagua y Polochic (MEM, 2018), evidenciando el alto potencial geotérmico de Guatemala, considerado el más alto de la región (MEM, 2018).

El trabajo sobre los recursos geotérmicos de Guatemala y su potencial inició en los años 70 con el apoyo internacional a través de una cooperación del Instituto Nacional de Electrificación (INDE) con la Agencia de Cooperación Japonesa (JICA), y luego con la cooperación de INDE y el Servicio Geológico Francés (BGRM por sus siglas en francés) tanto como la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) en 1982. Estos estudios definieron 13 campos geotérmicos de mayor interés para la generación eléctrica.

Con base en los estudios se identificaron trece áreas con potencial geotérmico, de las cuales cinco fueron declaradas Áreas de Reserva Nacional (Zunil, Amatitlán, San Marcos, Moyuta y Tecumburro), localizadas en los departamentos de Quetzaltenango, Guatemala, San Marcos, Jutiapa y Santa Rosa, las cuales fueron concesionadas al INDE para asegurar el interés del estado de su explotación. Hoy en día se encuentran en operación dos plantas geotérmicas a nivel nacional (Orzunil y Ortitlan) que operan bajo el cargo del sector privado, con una capacidad instalada de 49,5 MW. Además, es importante mencionar que GCA (Geotermia Centroamericana S.A) cuenta con un proyecto llamado “El Porvenir” ubicado en Estanzuela, Zacapa que contará con una capacidad instalada de 20 MW, con un sistema de ciclo binario y el área de concesión de 100 km² con el apoyo de GDF (Geothermal Development Facility for Latin America), así como de empresas técnicas tales como GeothermEx Inc, Thermochem, MWH Geo-Surveys Ltd, Integrated Geophysics Corp-IGC, entre otras. Se ejecutaron estudios superficiales financiado a través del GDF, que llevaron a la aprobación de fondos adicionales para una perforación de diámetro comercial en la fase de exploración. Se prevé el inicio de perforación en el primer semestre del 2022.

Referente a proyectos de Uso Directo, Guatemala se puede considerar un actor avanzado y referente en aplicaciones agroindustriales y es el único país centroamericano con una planta de Uso Directo comercial (empresa privada) en operación y experiencias acumuladas

al respecto, la cual se utiliza para la deshidratación ubicado en el municipio de Amatitlán en el departamento de Guatemala.

Existen varias manifestaciones termales con Uso Directo recreativo mediante aguas termales, por ejemplo, en los departamentos de Guatemala, Sololá, Quetzaltenango, Izabal, Jutiapa, San Marcos, Chiquimula, Jalapa.

II. Matriz energética nacional y prospectiva

Guatemala es uno de los países miembros del SICA con un mercado competitivo referente al desarrollo de proyectos de energía, incluyendo proyectos geotérmicos. De igual manera, la matriz energética del país (Gráfico 19) se compone principalmente por el uso de leña, que en los datos del año 2020 representó un 57%.

Este recurso se consume en las zonas rurales y algunas zonas urbanas para la cocción de alimentos, calefacción de hogares en la zona de occidente y en actividades productivas de la pequeña industria (Plan Indicativo de Electrificación Rural 2020-2050). Más de un tercio de la energía se produce por medio de combustible de origen fósil. Hay que destacar, que solo el 9% del consumo energético a nivel nacional es consumo eléctrico.

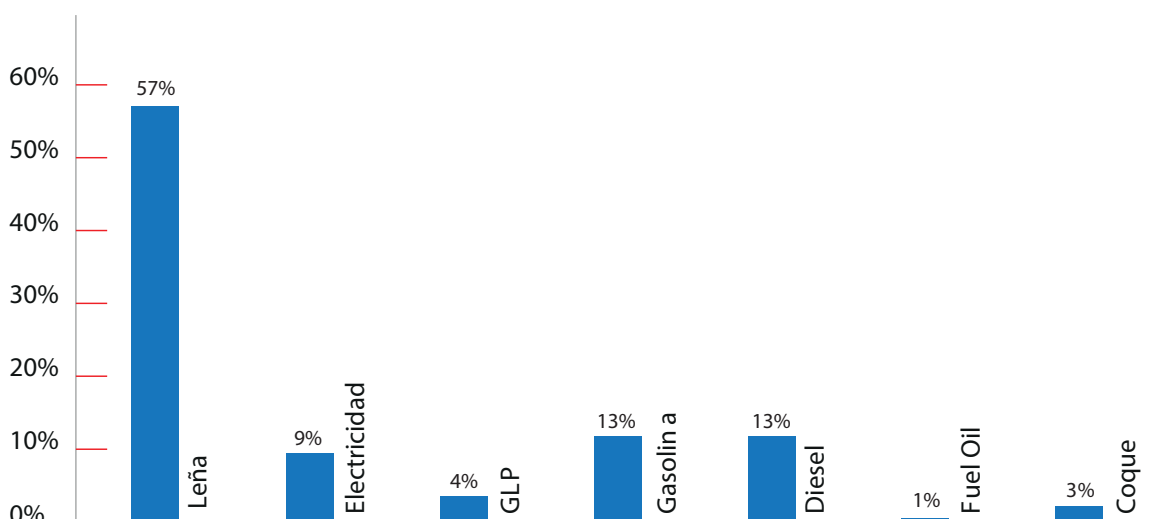


Gráfico 19: Matriz Energética Nacional, (Elaboración propia según MEM, 2020)

Analizando la información de la generación de energía eléctrica, resalta la cantidad de importación de energía eléctrica que es de casi 9%. Considerando el alto potencial geotérmico del país, actualmente se observa una participación baja de este recurso con un 3% (263 GWh del total de 11,122 GWh de generación eléctrica anual). Este valor no ha cambiado significativamente desde el 2015 (AMM, 2016). En cuanto al aprovechamiento de energía renovable en 2020, Guatemala se encuentra bien posicionada con un 70% de participación en la matriz eléctrica. (Gráfico 20).

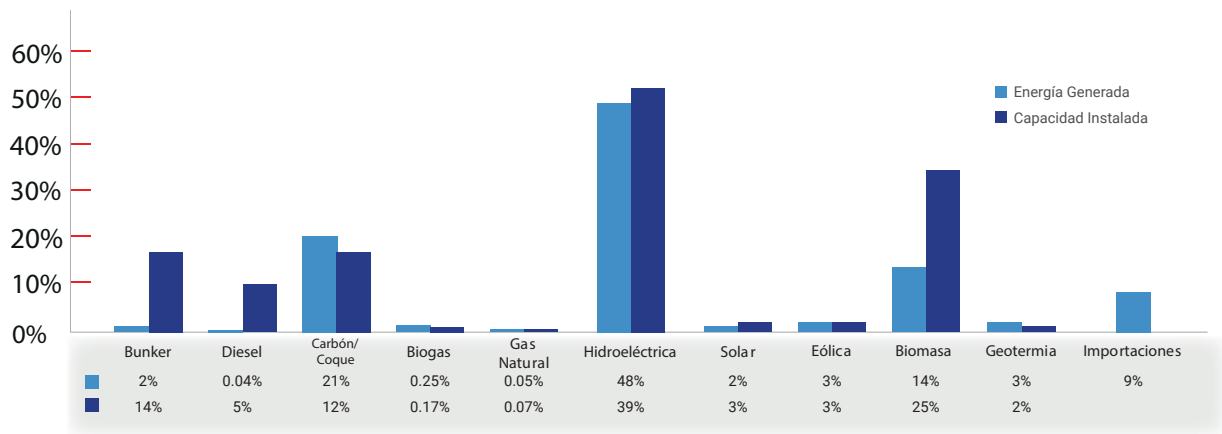


Gráfico 20: Matriz Eléctrica Nacional, (Elaboración propia según MEM / AMM, 2020)

No obstante, aunque la matriz eléctrica se caracteriza por la predominancia de energía renovable y un bajo porcentaje de participación de generación eléctrica con combustibles fósiles, se considera oportuno el desarrollo de estudios que investiguen más a detalle la oportunidad de fuentes geotérmicas en procesos térmicos industriales y en el sector residencial en la parte occidental donde las condiciones climáticas favorecen el uso de calefacción. Según el escenario EMMS 15 del Plan de Expansión Indicativo del Sistema de Generación 2020-2050 se tiene previsto un aumento de la energía geotérmica de los actuales 49.2 MW a 196.5 MW de capacidad instalada en el país, por medio de la incorporación de nuevas plantas geotérmicas para los años 2025 y 2030 (MEM, 2020).

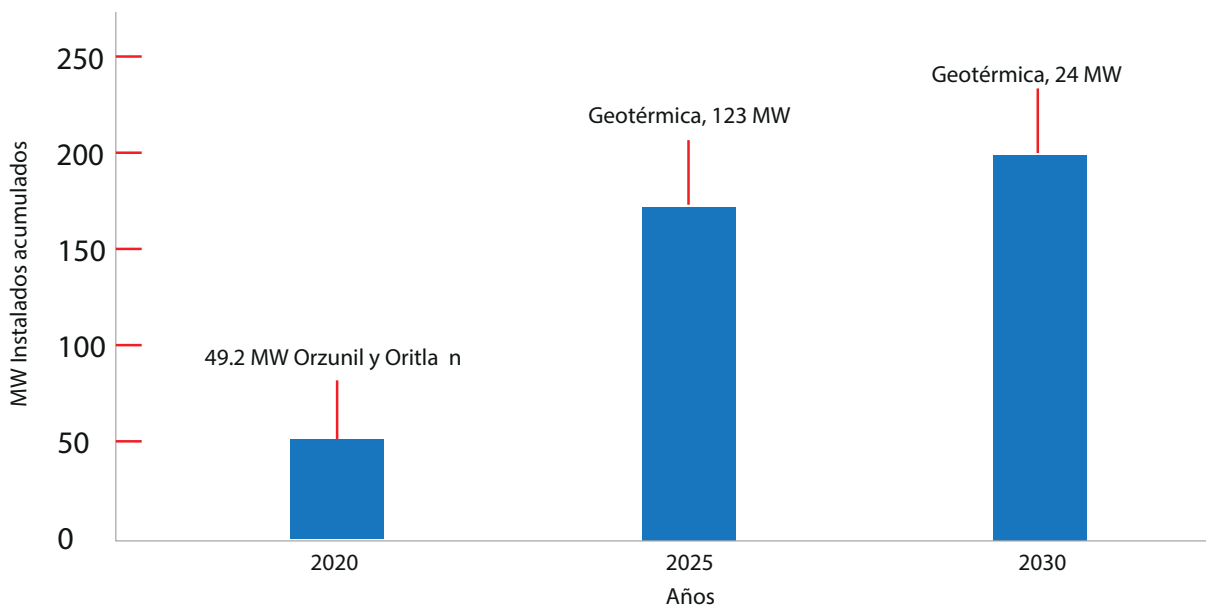


Gráfico 21: Prospectiva de incorporación de plantas geotérmicas al 2030, (Elaboración propia según PEG 2020-2050.)

En el análisis del consumo sectorial de electricidad en Guatemala según MEM 2020, se identifica el sector residencial con un 30%, seguido por los sectores industrial y comercial con 28% y 23% respectivamente como sectores de mayor relevancia. Considerando que, por lo general, el uso de energía térmica también es alto en procesos industriales, se puede estimar un alto potencial para aplicaciones geotérmicas en este sector, incluyendo la agroindustria.

III. Políticas públicas y marco regulatorio

Guatemala actualmente no cuenta con una legislación específica que incentive y promueva la energía geotérmica ya sea para producción de electricidad, ni para usos directos. Sin embargo, dentro de las políticas y planes nacionales, se incluyen metas relacionadas al incremento de las energías renovables dentro de la matriz energética; y dentro de estas, se tiene como objetivo ampliar la participación de la energía geotérmica para el año 2032.

El 15 de noviembre de 1996 se emitió la Ley General de Electricidad (Decreto 93-96 del Congreso de la República de Guatemala). Posteriormente, se emitieron el Reglamento de la Ley General de Electricidad (Acuerdo 256-97 del 2 de abril de 1997) y el Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista –AMM- (Acuerdo 299-98 del 1 de junio de 1998).

A partir de esas fechas se han emitido Normas Técnicas de Transmisión y Distribución, Normas de Coordinación Comercial y Operativa y procedimientos técnicos que complementan el Marco Regulatorio.

En el Artículo 16 del Reglamento de la Ley General de Electricidad se establece el requerimiento de autorización para la utilización de recursos geotérmicos que se ocupen para la generación de energía eléctrica cuando la potencia instalada exceda los 5 MW.

Por medio del Plan Nacional de Energía 2017 – 2032 se prioriza el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, para la generación y consumo de energía eléctrica a nivel nacional. Por lo tanto, se espera ampliar la participación de la energía geotérmica para el año 2032. Adicionalmente, la Política Energética 2013 - 2027 tiene la meta de alcanzar un 80% de la generación de energía eléctrica por medio de fuentes renovables y promover la inversión en generación de energías limpias.

Además, está vigente el Plan de Expansión Indicativo del Sistema de Generación 2020 – 2050, lo cual impulsa el desarrollo de fuentes de energía renovable y no renovable compatibles con el medio ambiente y se concluye que es económicamente eficiente continuar con el aumento de la energía limpia y renovable en la matriz de generación eléctrica nacional.

En relación directa a estas estrategias existe la Ley de Incentivos, emitida por medio del Decreto No. 52-2003 para el desarrollo de proyectos de energía renovable, la cual establece los incentivos fiscales para aquellos proyectos de generación de energía que utilicen recurso renovable y se rige según el reglamento de la Ley de Incentivos, Acuerdo Gubernativo No. 211-2005. Esto ha permitido la incorporación de plantas geotérmicas para la producción de electricidad. Actualmente, los proyectos que se aprueben pueden gozar de los siguientes

incentivos: a) Exención de los derechos arancelarios para las importaciones, incluyendo el impuesto del valor agregado (IVA), cargos y derechos consulares sobre la importación de la maquinaria y equipo utilizados exclusivamente para la generación de energía en el área donde se ubiquen los proyectos de energía renovable; b) Exención del pago sobre el impuesto sobre la renta por un periodo de 10 años a partir de la fecha en el que el proyecto inicia la operación comercial.

IV. Estructura Institucional para el desarrollo de la Geotermia

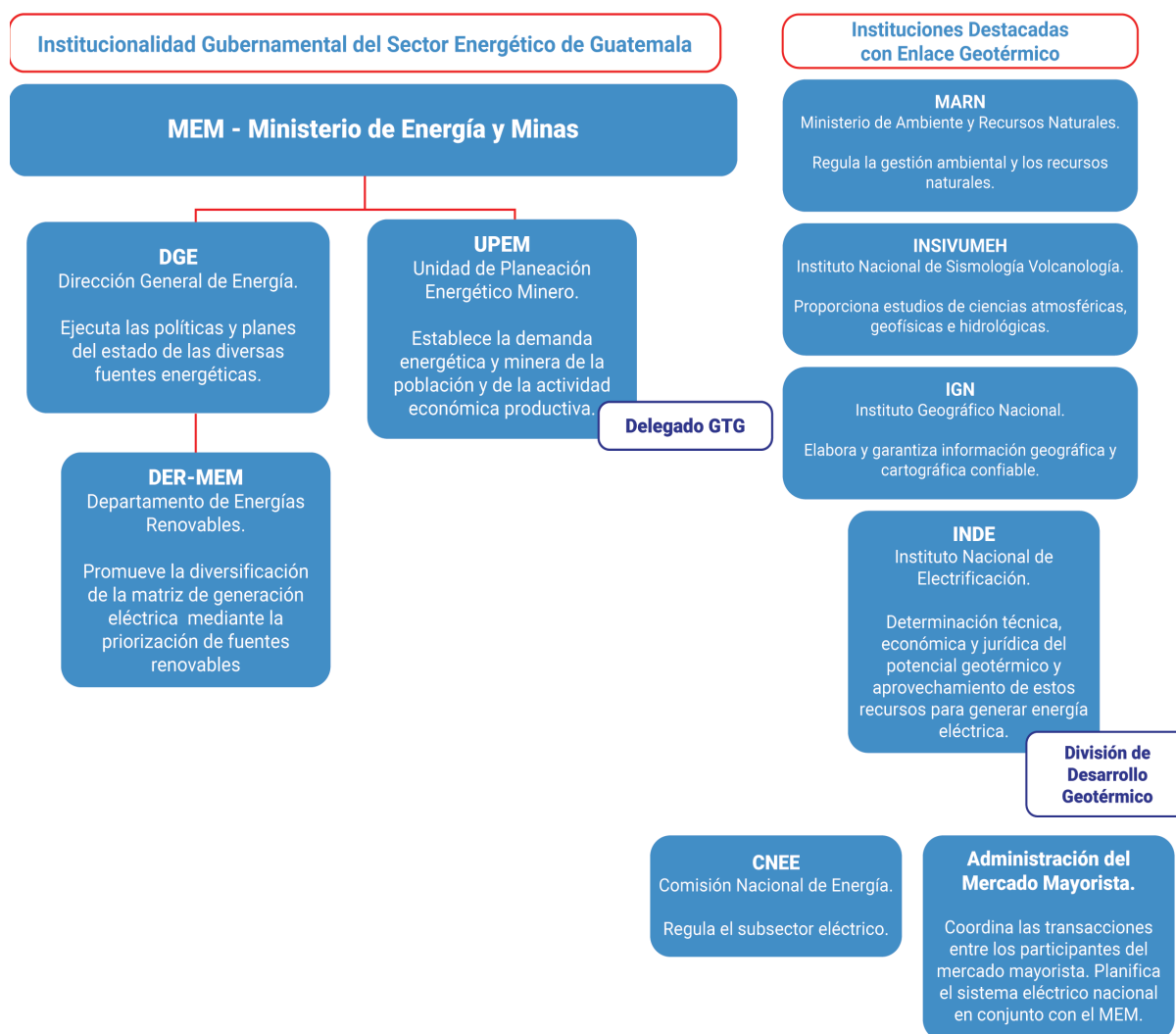


Gráfico 22: Visualización del sector energético estatal relevante para la geotermia del país

Dentro de la estructura institucional de Guatemala en el marco del subsector eléctrico nacional, se encuentra el Ministerio de Energía y Minas (MEM) como ente rector. El MEM es el órgano del Estado responsable de aplicar la Ley General de Electricidad y su reglamento para dar cumplimiento a sus obligaciones. De igual forma, es el encargado de exponer y organizar las políticas, planes de estado y programas indicativos relativos al subsector eléctrico y al subsector de hidrocarburos, así como la explotación de los recursos mineros. En la actualidad, por medio de políticas públicas y marco regulatorio, se ha priorizado el aumento de la incorporación de tecnologías limpias

para la producción de electricidad, entre las cuales se ha considerado el recurso geotérmico como una alternativa con potencial para ser desarrollada en los próximos años.

La regulación del subsector eléctrico está a cargo de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE); la cual fue creada por la Ley General de Electricidad, contenida en el Decreto No. 93-96 del Congreso de la República de Guatemala, publicada en el Diario Oficial el 21 de noviembre de 1996, como órgano técnico del Ministerio de Energía y Minas, con independencia funcional para el ejercicio de sus atribuciones y funciones.

El Administrador del Mercado Mayorista (AMM) como ente operador, es una entidad privada sin fines de lucro que coordina las transacciones entre los participantes del Mercado Mayorista. Dentro de sus funciones está la planificación del sistema eléctrico nacional en conjunto con el MEM, proceso en el cual se ha considerado a corto, mediano y largo plazo la incorporación de nuevos proyectos geotérmicos en el sistema eléctrico nacional.

Basado en el acuerdo gubernativo 842-92 el aprovechamiento racional del recurso geotérmico con fines de generación eléctrica se limita al Instituto Nacional de Electrificación (INDE), una entidad estatal autónoma y descentralizada. Bajo este acuerdo fueron declaradas áreas de reserva nacional geotérmica las zonas de Zunil, Amatitlán, San Marcos, Moyuta y Tecumburro con el objeto de asegurar estos al Estado. El INDE como entidad estatal, autónoma y descentralizada, tiene dentro de sus fines y obligaciones la cooperación y el aprovechamiento múltiple de los recursos hidráulicos, geotérmicos y otras fuentes del país para propósito de generar energía eléctrica, procurando la preservación del ambiente. También realiza la determinación técnica, económica y jurídica del potencial hidroeléctrico, geotérmico y de otras fuentes renovables, con el objetivo de elaborar estudios que sirven de base a nuevos proyectos de generación de electricidad y ponerlos a disposición de interesados.

Existen otras instituciones que están estrechamente relacionadas a la identificación y el desarrollo de los recursos geotérmicos del país como el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). El MARN tiene como misión la formulación y ejecución de políticas públicas orientadas a gestar un desarrollo intergeneracional que fomente la disminución de riesgos y vulnerabilidad ambientales en un clima de justicia ambiental. Aunque Guatemala no cuenta con un servicio geológico, existen dos instituciones públicas que se dedican a la investigación fundamental, generando información cartográfica, vulcanológica, geocronológica, hidrológica y geofísica, entre otros. Por un lado, el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología (INSIVUMEH) con dependencia del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV) proporciona estudios de ciencias atmosféricas, geofísicas e hidrológicas y asesora al gobierno en caso de desastres naturales. Por otro lado, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) con dependencia del Ministerio de Agricul-

tura, Ganadería y Alimentación (MAGA), elabora y garantiza información geográfica y cartográfica confiable a nivel nacional para la investigación. Ambas instituciones generan información y sirve a la identificación y el desarrollo de los recursos geotérmicos del país.

V. Inventario de los Recursos Geotérmicos

Desde los años 70s Guatemala ha explorado los recursos geotérmicos a nivel nacional, con la elaboración de varios estudios de prefactibilidad y factibilidad en muchas zonas, identificando 13 áreas de interés geotérmico y 9 áreas de potencial de temperaturas altas para la generación eléctrica, en el transcurso de los estudios iniciales, fueron mapeados una gran cantidad de manifestaciones en el sur del país. Se dispone del catálogo “Recursos Geotérmicos de Guatemala” (MEM, 2015), en el cual se realizó una compilación de los resultados de los sitios estudiados. No obstante, es necesario actualizar el inventario nacional del potencial del recurso geotérmico en Guatemala.

Como resultado de las investigaciones realizadas, sobre todo entre 1972 y 1982, entraron en operación dos plantas geotérmicas para generación eléctrica (Orzunil en 1999, con una capacidad instalada de 24 MW y Ortitlan en 2007, con 25.2 MW), ambas en la zona de Atitlán (Mapa 6).

Además, Guatemala es el único país de la región SICA que logró generar experiencia en varios proyectos de Uso Directo con fines agroindustriales a través de empresas privadas, predominantemente en el secado de frutas.

Mientras que los centros recreativos o turísticos que utilizan aguas termales se localizan en Quetzaltenango, San Marcos y Santa Rosa. Amatitlán es el lugar de mayor actividad orientada a usos directos industriales, se han hecho estudios para el aprovechamiento energético de la geotermia para procesos de secado en la agroindustria (Limonex, La Laguna) como en la industria cementera (Monolit). Sin embargo, hasta la fecha estos proyectos son pilotos y algunos no han resultado replicables. Un proyecto actual, el Proyecto San Michkael está en operación desde 2017, también se encuentra en la zona y se dedica al secado de piña. Este proyecto de una empresa privada se encuentra en una fase de ampliación para una aplicación geotérmica para refrigeración.

VI. Capacidad técnica para la exploración geotérmica

A nivel gubernamental las capacidades referentes a los recursos geotérmicos en Guatemala se encuentran limitadas. La entidad con funciones claves en la exploración y en el desarrollo de recursos geotérmicos del país es el INDE, el cual cuenta con expertos en las diferentes áreas para el desarrollo de proyectos geotérmicos. Una entidad geocientífica con funciones en la exploración de recursos geotérmicos fuera del sector eléctrico no existe en el país.

Tipo	Estado	Cantidad	Nombre	Departamento	Comentarios
Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica	■ Proyectos en Operación	2	Orzunil, Ortitlan	Quetzaltenango, Escuintla	
	■ Sitios de exploración	6	Moyuta, San Marcos, Tecuamburro, Zunil II, Proyecto El Ceibillo, Planta Geotermica el Ceibillo	Jutiapa, San Marcos, Santa Rosa, Quetzaltenango, Guatemala,	
	■ Sitios en Reconocimiento	8	Atitlán, Palencia, Motagua, Ayarza, Retana, Ixpetteque-Ipala, Los Achiotos, Tonicapán	Sololá, Guatemala, Zacapa, Santa Rosa, Jalapa, Chiquimula, Tonicapán	
Proyectos Geotérmicos de Uso Directo	▲ Proyectos en Operación	>11	Geotérmico San Michkael, Aguas Termales Rio Dulce, Aguas Termales Finca El Paraiso, Termales Santa Teresita, Banos Termales Maya, Santa Catarina Palopó, Cuevas de Andá Mirá, Aguas Termales Castalia, Aguas Termales El Brasil, Cantel (varios), San Silvestre, Fuentes Georginas	Amatitlan, Izabal, Sololá, Jutiapa, San Marcos, Chiquimula, Quetzaltenango	Mayoría proyectos de balneología, un proyecto agroindustrial
	▲ Sitios de exploración				
	▲ Sitios en Reconocimiento	1	Cantel	Quetzaltenango	
Manifestaciones Termales	●	>43		En todo el país, menos en Petén, Retalhuleu, Alta Verapaz	

Simbología

Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica

- Proyectos en Operación
- Sitios de Exploración
- Sitios en Reconocimiento

Proyectos Geotérmicos de Uso Directo

- ▲ Proyectos en Operación
- ▲ Sitios en Reconocimiento

Manifestaciones Geotermiales

- Manifestaciones Geotermiales

Mapa 6: Ubicación de Proyectos Geotérmicos y Aguas Termales en Guatemala, (Elaboración propia según MEM, 2021)

No obstante, La Dirección General de Hidrocarburos (DGH) del MEM cuenta con una litoteca en su página web, con mapas de contratos de exploración y explotación, pozos petroleros, cobertura sísmica, áreas protegidas y accesibilidad. Y para estudios analíticos, el centro universitario de oriente CUNOR, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, cuenta con dos ambientes de laboratorio dentro de la carrera de Geología, con una colección de ejemplares de rocas, fósiles, minerales del país, tanto como con facilidades de elaborar secciones delgadas y análisis de suelo.

Sensores remotos	Geología	Geoquímica	Geofísica	Perforaciones
Procesamiento de imágenes multispectrales, lidar, radar. (2) <input checked="" type="checkbox"/>	Cartografía litoestratigráfica y estructural (1) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis químico de Aguas Termales (1) <input checked="" type="checkbox"/>	Potencial espontáneo (7) <input checked="" type="checkbox"/>	Perforación de pozos someros gradiente, "Slim holes" <input type="checkbox"/>
Levantamiento termal y fotogrametría DEM. Dron-UAV (1) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis Petrográfico Básico (6) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis de Gases Termales (6,8) <input checked="" type="checkbox"/>	Magnetometría (7) <input checked="" type="checkbox"/>	Perforación de pozos exploratorios geotérmicos (7,12,13,14) <input checked="" type="checkbox"/>
Mapeo de lineamientos (5) <input checked="" type="checkbox"/>	Mapeo e inventario de manifestaciones termales <input type="checkbox"/>	Geotermometría (7,10) <input checked="" type="checkbox"/>	Gravimetría (7) <input checked="" type="checkbox"/>	
	Medición de temperatura del suelo (7,8) <input checked="" type="checkbox"/>	Química Hidrológica en fase líquida <input type="checkbox"/>	Métodos de Corriente Directa (MT / TEM) <input type="checkbox"/>	
	Hidrogeología (5) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis de Isótopos (7,11) <input checked="" type="checkbox"/>	Sismicidad (2,7) <input checked="" type="checkbox"/>	
1 USAC 6 CUNOR 11 IAEA 14 Geotermia Oriental de Guatemala	2 INSIVUMEH (CIV) 7 INDE	3 IGN 8 MAGA 12 U.S Geothermal	4 MARN 9 CUNOC Guatemala S.A	5 CONCYT/SENACYT/FONACYT 10 CETRAM 13 Entre Mares de Guatemala-Goldcorp

Tabla 6: Capacidades técnicas institucionales para el desarrollo geotérmico

VII. Programas de educación e investigación en Geotermia

A nivel nacional, existen varios centros de educación superior que ofrecen programas de pregrado y posgrado en el área de energías renovables, con clases específicas en geotermia: (Tabla 7)

Aunque Guatemala ofrece mucho potencial para la investigación geotérmica, solo existen algunas opciones de adquirir conocimiento básico o general en el área de geotermia. Es necesario la disposición de carreras de pregrado y posgrado especializados en geotermia, así como también docentes especializados en los métodos de exploración y explotación geotérmica. Aunque, la cercanía a San Salvador con el Diplomado Geotérmico brinda una oportunidad de formación avanzada al respecto. El país carece también de iniciativas de investigación en el área de geotermia y se beneficiaría con una promoción de este tipo de iniciativas, liderada por las mismas entidades académicas, en colaboración con instituciones científicas internacionales.

Institución	Programa de educación
Universidad de San Carlos de Guatemala (Centro de Estudios Superiores de Energías y Minas/CESEM)	<ul style="list-style-type: none"> • Carreras relacionadas con Geología, Energía, Minas, Desastres y Medio Ambiente.
Universidad de San Carlos de Guatemala (El Centro de Estudios/CUNOR)	<ul style="list-style-type: none"> • Carreras de técnico universitario en geología e ingeniería en geología.
Universidad Galileo de Guatemala	<ul style="list-style-type: none"> • Maestría en Energía Renovable de duración de dos años, con clases específicas en Geotermia.
Universidad Digital Tech School of Engineering Guatemala	<ul style="list-style-type: none"> • Maestría en Energías Renovables la cual es de una duración de un año. En los módulos de esta maestría se contempla uno específicamente para la Energía Geotérmica. • Especialización en Biomasa, Biocombustible y otras Fuentes de Energía Renovables Emergentes, en la cual se tiene un módulo para la Energía Geotérmica.
Universidad Rafael Landívar	<ul style="list-style-type: none"> • Especialización en Energía Renovable dentro de la cual se tiene un curso dedicado a la Biomasa y Energía Geotérmica dentro del primer semestre .

Tabla 7: Programas de educación e investigación en geotermia

VIII. Desafíos y oportunidades

Desafíos

Exploración del Recurso Geotérmico

Aunque existen una gran cantidad de estudios geotérmicos en el país, no están disponibles públicamente.

Hasta el momento no se han considerado actividades para la actualización del potencial geotérmico e inventario de recursos con nuevos lugares.

Institucionales / Políticas

En la actualidad, Guatemala no dispone de una legislación / regulación específica sobre el recurso geotérmico, lo cual limita la seguridad jurídica de inversionistas y desarrolladores de proyectos. La duración de contratos de las centrales generadoras de 15 años crea incertidumbre en los inversionistas para la recuperación de capital. Hasta el momento la ampliación a 25 años no ha sido aceptada.

Socioambientales

La oposición social ante proyectos de generación hidroeléctrica; pero también observados en campos geotérmicos concesionados; son una limitante importante en el país. Proyectos de Uso Directo generando beneficios comunitarios pueden abrir la puerta de comunicación nuevamente y generar una nueva perspectiva de proyectos geotérmicos.

Oportunidades

Exploración del Recurso Geotérmico

Guatemala está considerado como el país con más potencial geotérmico de Centroamérica. Este simple hecho, ya puede considerarse una oportunidad. Por ello, el país tiene una historia larga de exploración y explotación geotérmica que crearon capacidades que pueden aprovecharse y reforzarse. El rol del INDE en este sentido es favorable, y existen todavía conocimientos que pueden facilitar el desarrollo de nuevos proyectos de exploración y explotación geotérmica en el país.

Una exploración estratégica incluyendo una actualización del inventario geotérmico nacional puede identificar también nuevos sitios de interés, fuera de zonas de conflicto.

El ambiente legislativo facilita actividades actuales de exploración geotérmica que incluye financiamiento internacional y desarrollos de Uso Directo de los recursos geotérmicos. Con esto, el país pertenece a los cuatro países miembros del SICA que tienen experiencias de exploración profunda en este momento.

Institucionales / Políticas

La Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, Decreto 52-2003 abre una oportunidad al sector privado en el área económica en base de incentivos que se obtendrán para proyectos de energía renovable, incluyendo los de energía geotérmica.

Socioambientales

Guatemala ya cuenta con experiencias en usos directos de valor agregado social, que podría generar buenas prácticas para la comunicación social y con ello crear una identidad geotérmica en el país, conectada a un eje cultural que solo en Guatemala está presente en esta forma, en relación con Centroamérica.

IX. Referencias

- Administrador del Mercado Mayorista (AMM). (2021).** Administración del Mercado Mayorista. Ciudad de Guatemala.
- Centro Universitario del Norte. (2020).** Evaluación Hidrogeológica. Determinación de la Potencialidad Energética, Por Medio De Geotermómetros En Aguas Termales Del Centro Turístico Lomas De Tarragona Del Municipio De Quetzaltenango.
- Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH / (FOGEO). (2018).** Análisis de las Necesidades para el Fomento de la Geotermia en Guatemala. <https://geotermia.cecacier.org/docs/geotermia-guatemala.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2019).** Monitoreo Satelital de los Recursos Naturales. Ciudad de Guatemala.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2013).** Política Energética 2013 – 2027. Ciudad de Guatemala.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2015).** Catálogo de Recursos Geotérmicos de Guatemala. Ciudad de Guatemala.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2017).** Plan Nacional de Energía 2017 – 2032. Ciudad de Guatemala.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2018).** Energía Geotérmica. Ciudad de Guatemala.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2020).** Plan de expansión indicativo del sistema de generación –PEG- 2020 – 2050. Ciudad de Guatemala.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2020).** Plan Indicativo de Electrificación Rural 2020-2050. Ciudad de Guatemala.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2015).** Recursos Geotérmicos de Guatemala. Ciudad de Guatemala.
- Órgano Ejecutivo. (1997).** Reglamento de la Ley General de Electricidad. Decreto Ejecutivo No. 70. Ciudad de Guatemala.
- PI INGENERA S.A. de C.V. (2019).** Factibilidad técnico- constructiva de secador de grabosa base de recurso geotérmico.
- Recinos, R. M. (2014).** Geothermal Direct Applications in Central America and Mexico, Santa Tecla, El Salvador: Proc. Short Course on Utilization of Low and Medium Enthalpy Geothermal Resources and Financial Aspects of Utilization.
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET). (2005).** Marco Geológico Regional. <https://www.snet.gob.sv/Geologia/Vulcanologia/memorias/mtecVSM3.pdf>
- Solís, A. (2016).** Análisis del clima de inversión existente en El Salvador para aprovechar los recursos geotérmicos e identificación estructurada y objetiva de las condiciones que impiden o limitan en general el aprovechamiento de los recursos geotérmicos.
- Stanford University (SU). (2005).** Field Guide to Guatemalan Geology, Department of Geological and Environmental Sciences, Stanford University. <https://earthsci.stanford.edu/research/mahood/bio/SAP-Guatemala-guidebook.pdf>
- Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET). (2018).** Contratos de Concesión de Recurso Hidráulico y Geotérmico.



ESTADO DE LA GEOTERMIA EN
HONDURAS

I. Antecedentes

Honduras es uno de los países más grandes de la región, y a su vez con menos densidad poblacional, se encuentra ubicado sobre la parte noroccidental de la placa tectónica del Caribe que se desplaza con dirección hacia el este como resultado de esfuerzos de subducción oblicua hacia el noreste de la placa de Cocos por debajo de la placa del Caribe. El movimiento relativo del margen noroccidental de la placa del Caribe y los esfuerzos de compresión han creado un marco de extensión en dirección este-oeste formando una serie de fosas orientadas norte sur y bordeadas por fallas normales con el mismo sentido de orientación. En el presente, no hay volcanismo activo en Honduras, aunque en la zona sur del país pueden observarse los procesos de subducción de la placa pacífica que causa el volcanismo activo en los países adyacentes (ADSH/GIZ, 2015). De acuerdo a la estructura geológica del país se puede visualizar en más de 200 manifestaciones geotérmicas que demuestran el potencial de esta fuente energética de país, aunque no es tan notorio como en los países de la cordillera volcánica de Centroamérica. La investigación sobre los recursos geotérmicos en Honduras, comenzaron en los años 80s con varias iniciativas por parte de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) y organismos internacionales, por medio de lo cual se elaboró el Plan Maestro de desarrollo Geotérmico en Honduras (Finch, R.C., 1987), definiendo seis (6) sitios principales: Platanares, San Ignacio, Azacualpa, Pavana, Zambo Creek y El Olivar, de los cuales los primeros cuatro sitios se encuentran actualmente concesionados. GeoPlatanares con tecnología binaria con una capacidad instalada de 35 MW, es la única planta geotérmica del país y una de las más recientes de la región la cual entró en operación en el año 2017 (GeoPlatanares, 2019). Otra área de interés investigada en los últimos años por la ENEE junto con el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR) se encuentra en la zona sur del país, entre el municipio de Namasigüe y El Triunfo.

La actividad de investigación más importante en relación al Uso Directo de los recursos geotérmicos se basa en el inventario nacional de manifestaciones geotérmicas del país levantado por la ENEE en el año de 1985, que en 2021 se digitalizó con el apoyo del BGR.

Proyectos de Uso Directo con tecnología geotérmica, no se encuentran en actividad hasta el momento. Aun así, hay un uso tradicional de balnearios en aguas termales y utilización del agua termal con temperaturas superiores a 80°C para uso en procesos alimenticios, por ejemplo pelado de gallinas y piel de cerdo para su consumo.

Desde 2018 se crearon varias iniciativas internacionales en el marco de la Cooperación Alemana (GIZ y BGR), como también con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y IDEA UNAM México con respeto al fomento de la geotermia en el país que incluye específicamente el Uso Directo.

II. Matriz energética nacional y prospectiva

Históricamente, en Honduras las energías renovables alcanzaron una participación significativa a partir del 2011, principalmente con energía eólica y fotovoltaica. Desde 2017 también la energía geotérmica fue incorporada al Sistema Interconectado Nacional (SIN). De acuerdo a la matriz energética de Honduras (Gráfico 23), el recurso energético como fuente primaria de mayor consumo a nivel nacional es la leña como fuente de calor, con una representación del 36%, del total de consumo de energía a nivel nacional, este recurso se consume en las zonas rurales y algunas zonas urbanas para la cocción de alimentos y en actividades productivas en la microindustria. En la matriz eléctrica del país, la geotermia representa el 4% de la energía generada, debido a GeoPlatanares (Gráfico 24), generando en promedio 307 GWh por año.

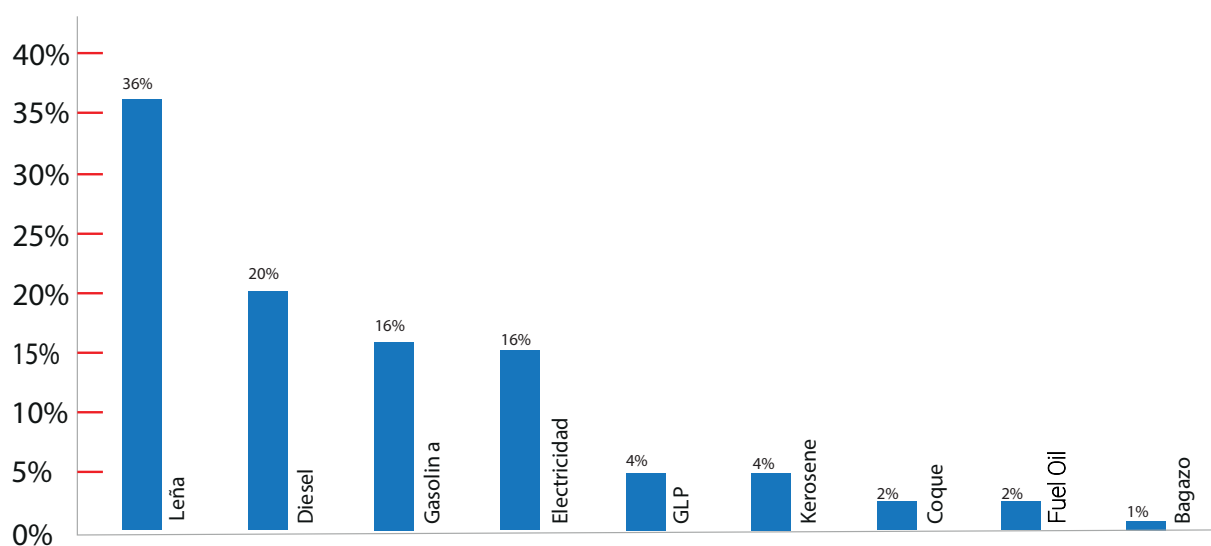


Gráfico 23: Matriz Energética Nacional, (Elaboración propia según SEN-BEN, 2019)

En los últimos años se ha promovido e incentivado la incorporación de tecnologías de energías renovables no convencionales, logrando alcanzar al año 2020 una participación del 54% en la matriz eléctrica, contra un 36% de energía generada por medio de fuentes fósiles. Mientras que la hidroeléctrica actualmente representa un eje importante de las energías renovables, la importancia de las otras fuentes energéticas han aumentado en los últimos años, sobre todo las energías variables como solar y eólica.

De acuerdo a la planificación del Sistema Interconectado Nacional se prevé la entrada de tres plantas geotérmicas nuevas en el periodo 2021 – 2030 (Gráfico 25), indicando la entrada de la planta geotérmica San Ignacio de en el año 2028 y las plantas geotérmicas de Pavana y Azacualpa con 20 MW por cada planta en el año 2029. Con esto se alcanzará una capacidad instalada de 90 MW de energía geotérmica para el año 2030.

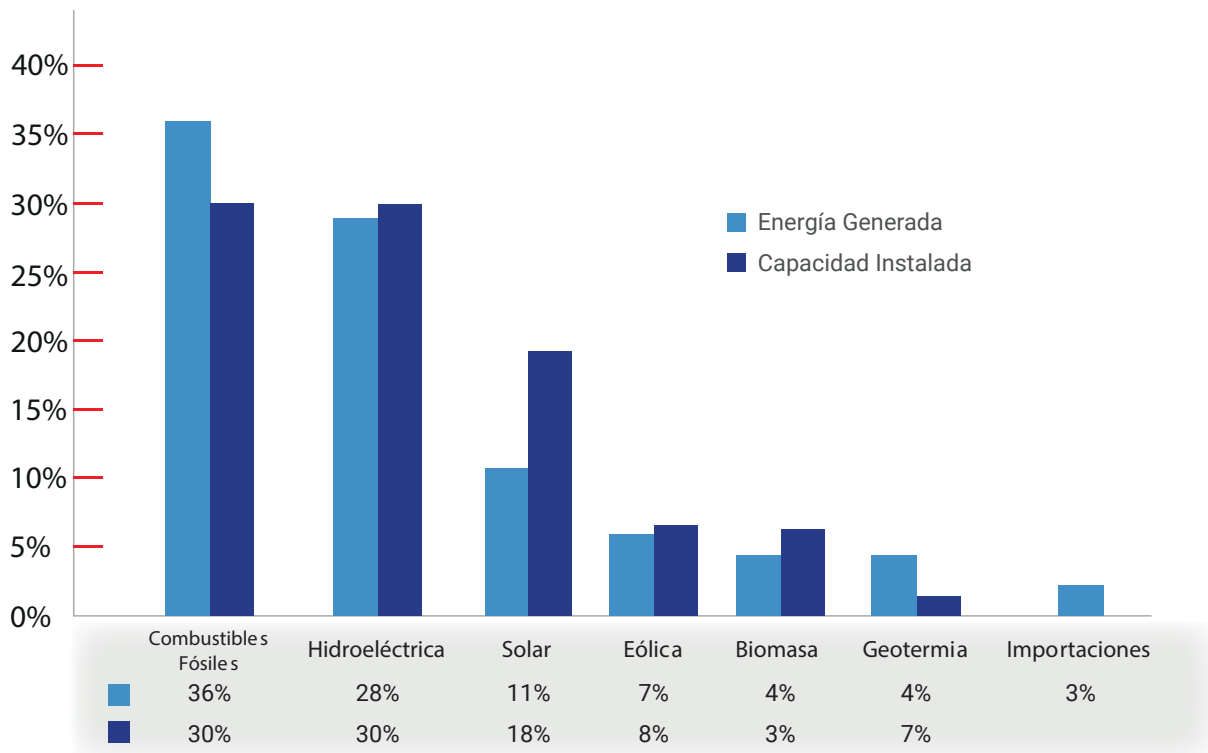


Gráfico 24: Matriz Eléctrica Nacional, (Elaboración propia según ENEE, 2020)

Según el balance energético nacional 2019, el sector de mayor consumo de energía en Honduras es el residencial, seguido por el sector de transporte y de los sectores industrial y comercial. El sector industrial en conjunto con el sector agrícola tiene relevancia para el uso directo de la geotermia utilizado para procesos productivos, apuntando a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), considerando que la fuente principal de consumo de estos sectores es combustible fósil.

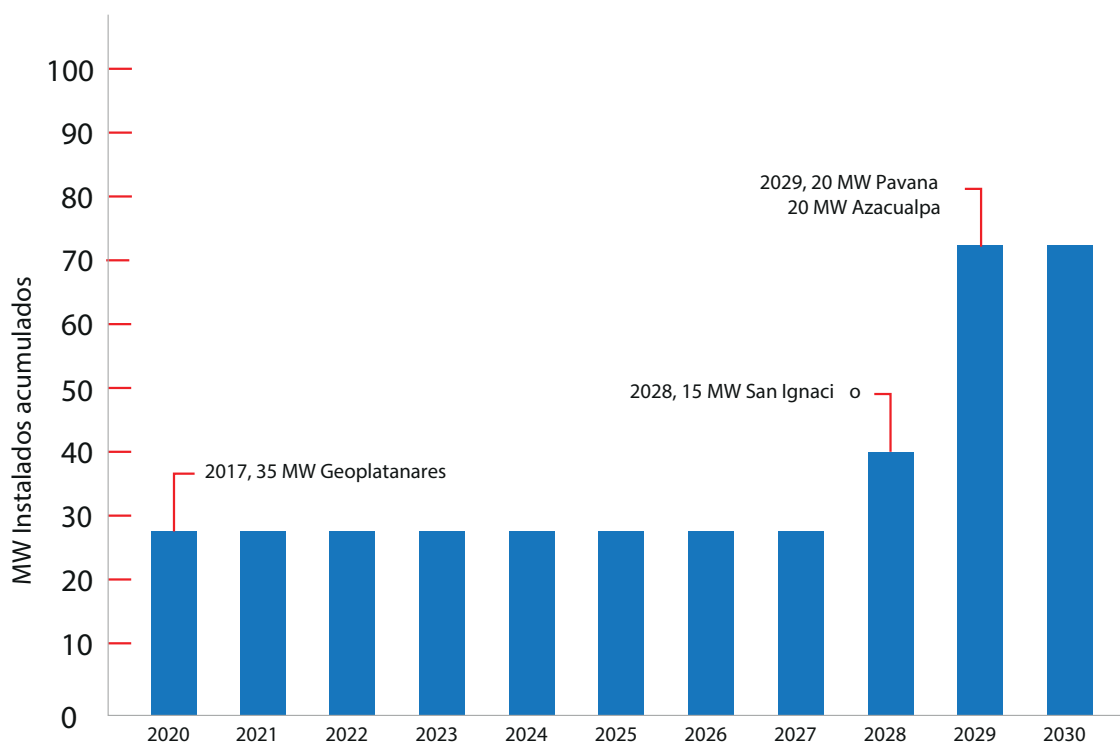


Gráfico 25: Prospectiva de incorporación de plantas geotérmicas al 2030, (Elaboración propia según SEN, 2021)

III. Políticas públicas y marco regulatorio

El Plan de Nación y Visión de País 2010-2022 (SEPLAN, 2010), prevé una participación de energías renovables en la matriz energética del país de 60%. En la Visión de País 2010-2038 se estipula la meta de 80% hasta el año 2038, que indica un aumento de 20% entre 2022 y 2038. No se da especificación relacionada a las fuentes de energía renovable. El aprovechamiento de la energía geotérmica no se regula en una ley específica, en el marco legal vigente existen vacíos en la parte de funciones / mandatos sobre el manejo integral de los recursos geotérmicos y su aprovechamiento sostenible. La Ley General de la Industria Eléctrica, vigente desde el año 2014 estipula que “La investigación y estudio, así como la eventual explotación posterior del viento o la radiación solar como fuentes de energía podrá efectuarse libremente en todo el territorio nacional”, no hay especificaciones referentes a la geotermia en esta Ley. Por tal razón, para el estudio y desarrollo de proyectos geotérmicos se considera el proceso de permiso otorgado por la CREE (Decreto 404-2013, Sección D).

El reglamento de compras de capacidad firme y energía también tendrá relevancia importante para proyectos de generación eléctrica geotérmica, aunque hay que destacar que los cortos plazos de contrato no favorecen a la geotermia aunque sea potencia firme. También hay que destacar que la ley a través de su reglamento sobre autoconsumo, permite la generación eléctrica para el autoabastecimiento de los usuarios. Los Proyectos Geotérmicos aislados son permitidos en base de estas condiciones de ley. Para proyectos de Uso Directo no es aplicable la ley ni su reglamentación. El decreto 404-2013 no creó un enlace a un reglamento sobre incentivos, a menos de un beneficio de impuestos. Hasta el momento no ha entrado ninguna planta geotérmica de generación de energía eléctrica en el marco de la nueva ley.

La planta geotérmica GeoPlatanares se desarrolla bajo el marco de la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables. Esta creó incentivos para proyectos de energía renovables, incluyendo los proyectos geotérmicos para producción de energía eléctrica los cuales son beneficiados con exoneración en pago de impuesto de importación e impuestos fiscales, como también la prioridad de despacho de energía y un incentivo del 10% al costo del kWh generado. Esta Ley también indica que los proyectos geotérmicos no requieren el permiso de contrata o concesión de agua según el Artículo 22 de la reforma 138-2013.

Desde 2018, la Secretaría de Energía de Honduras ha trabajado en una propuesta de Política de Fomento a la Geotermia con su plan de acción e indicadores, lo cual está en proceso de aprobación técnica por parte de la Dirección Presidencial de Planificación Estratégica, Presupuesto e Inversión Pública / SCGG. Dicha política establece también

mecanismos de financiamiento para la inversión en proyectos geotérmicos tanto para producción de electricidad como para aplicaciones de Uso Directo. Asimismo, impulsa acciones en términos de investigación y desarrollo, como también la implementación de un marco regulatorio que promueva el desarrollo geotérmico.

Hay otras leyes vigentes con importancia secundaria a la geotermia y sus proyectos de aprovechamiento. La Ley General del Ambiente y sus reformas regulan el aprovechamiento de los recursos renovables de forma sostenible y regula la gestión de evaluación de impacto ambiental, otorgando licencias ambientales.

La Ley General de Aguas (Congreso Nacional de Honduras, 2009), considera la protección hídrica y regula su aprovechamiento, incluyendo la perforación, pero no tiene especificaciones sobre aguas termales.

IV. Estructura Institucional para el desarrollo de la Geotermia

La energía geotérmica forma parte del sector energético de Honduras, el cual es liderado por la Secretaría de Energía (SEN), como ente rector, coordina todo el sector energético, incluyendo las temáticas fuera del sector eléctrico, por ejemplo producción de energía térmica por Uso Directo de recursos geotérmicos. La geotermia se gestiona en la Dirección General de Energía Renovable y Eficiencia Energética de la SEN, sin embargo dicha institución no cuenta con una unidad de investigación energética. En la parte de regulación, la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE) es la entidad para autorización de estudios de proyectos de generación eléctrica, incluyendo proyectos geotérmicos.

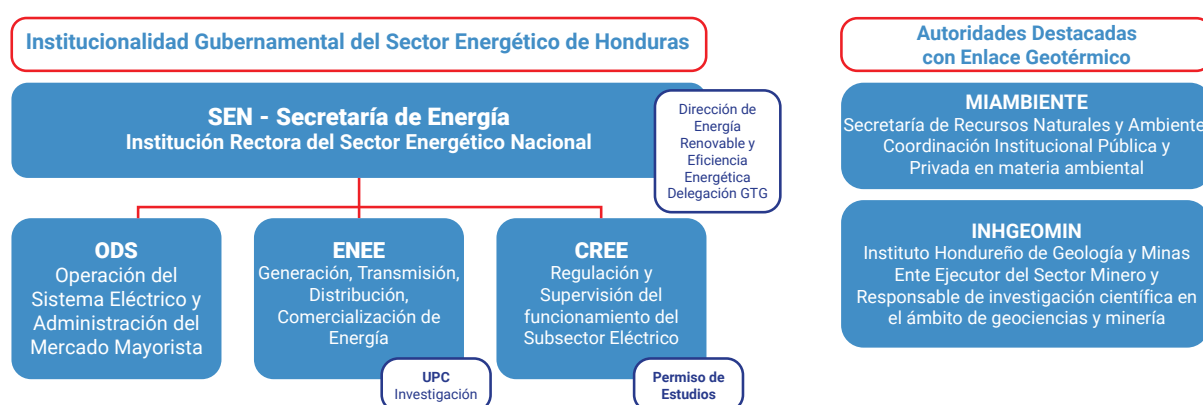


Gráfico 26: Visualización del sector energético estatal relevante para la geotermia del país

La Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), siendo una empresa estatal, anteriormente actuó como un ente operativo en la exploración geotérmica gubernamental. Después de la reestructuración del mercado eléctrico e institucional de la misma ENEE, opera como un agente de mercado como una empresa de nivel competitivo. La Unidad de Pequeñas Central-

es (UPC) es una entidad que abarca estudios de recursos geotérmicos, como nueva fuente de energía y realiza exploración geotérmica.

El Operador de Sistema (ODS), es una entidad para la planificación del sistema eléctrico del país, incluyendo la planificación de expansión de generación de energía, lo cual es importante para el desarrollo geotérmico, ya que proyecta la entrada de nuevas plantas conectadas a la red.

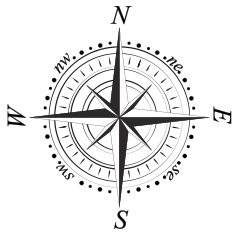
La Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (MiAmbiente) es responsable de la coordinación institucional pública y privada para el manejo sostenible de los recursos naturales, asimismo otorga licencias ambientales para proyectos energéticos y a través de su Dirección de Recursos Hídricos es la encargada de las contrata de aguas. Siendo la geotermia un recurso natural renovable, es requerido que MiAmbiente desarrolle acciones técnicas relacionadas al desarrollo del recurso geotérmico nacional.

Hay otras instituciones estatales que tienen cierta relación técnica a las temáticas relevantes de la exploración y explotación geotérmica, pero hasta el momento no tienen una función específicamente definida. El Instituto Hondureño de Geología y Minas (INHGEOMIN), limita su mandato a investigación y actividades en el sector minero. La información generada y sus competencias geocientíficas podrían aprovecharse en la identificación y exploración de los recursos geotérmicos de Honduras.

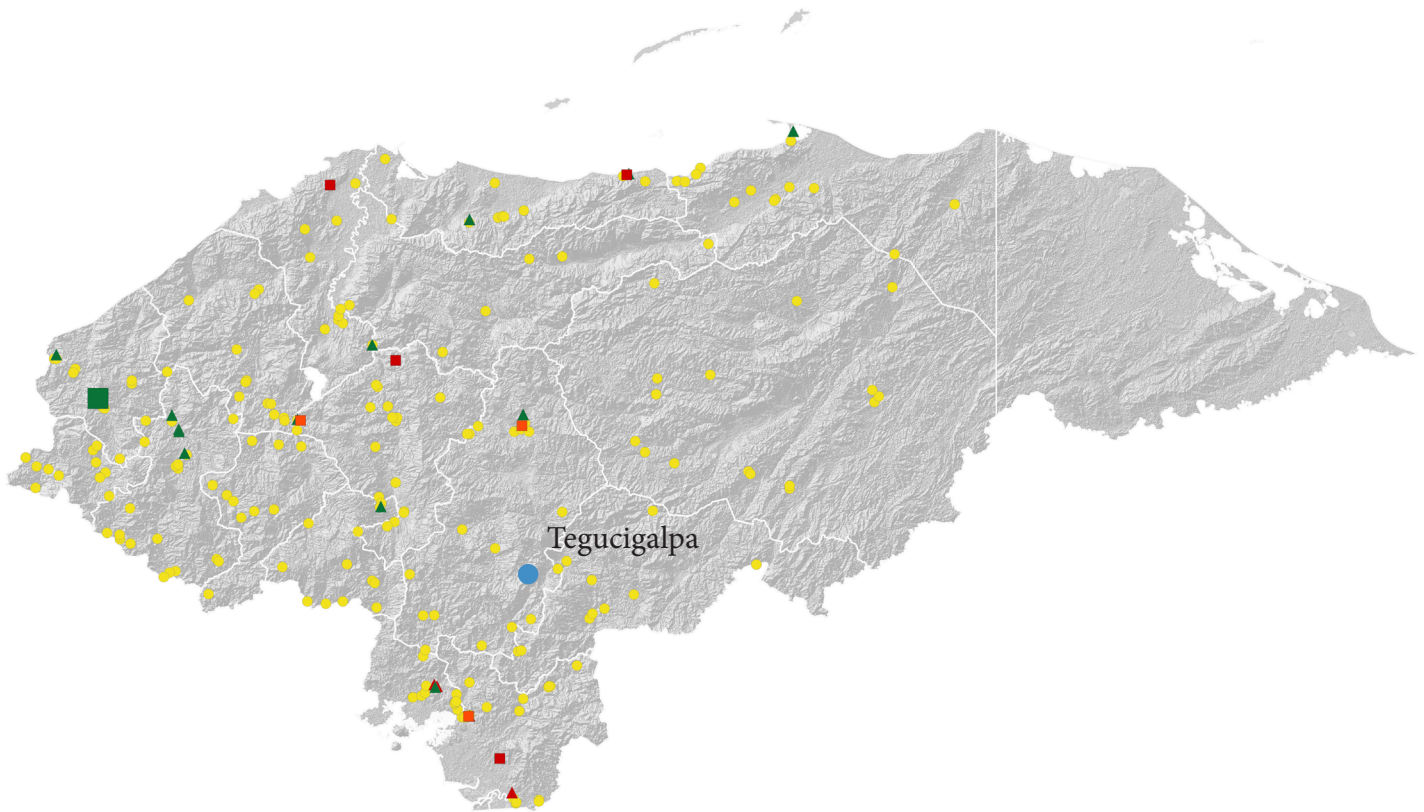
V. Inventario de los Recursos Geotérmicos

El aprovechamiento de los recursos geotérmicos en Honduras por muchas décadas se limitó al Uso Directo de aguas termales para uso turístico y en algunos lugares al uso tradicional de preprocesamiento de alimentos. Aunque los estudios iniciaron en 1975, recién en 2017 entró en operación la primera planta geotérmica del país. Desde estos estudios se identificaron seis sitios prioritarios para generación eléctrica a nivel nacional.

Adicionalmente, existen varias actividades de reconocimiento y preexploración que se identifican en el Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales (ENEE, 2020). Desde la SEN se coordinan por el momento trabajos en la zona sur del país, considerando la distribución geográfica de las manifestaciones geotermiales y el potencial de aprovechamiento (Mapa 7). Unas de las temáticas promovidas son la implementación de la energía geotérmica en la producción de queso, sal y marañón. Más del 40% de las manifestaciones termales de Honduras tienen una temperatura mayor de 50°C y son sumamente interesantes para la implementación de este tipo de procesos agroindustriales (Gráfico 27). Hay que tener en cuenta el alto número de manifestaciones con falta de información, que indica una necesidad de actualización del inventario existente.



Mar Caribe



Simbología

Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica

- Proyectos en Operación
- Sitios de Exploración
- Sitios en Reconocimiento

Proyectos Geotérmicos de Uso Directo

- ▲ Proyectos en Operación
- ▲ Sitios en Reconocimiento

Manifestaciones Geotermiales

- Manifestaciones Geotermiales

Mapa 7: Ubicación de Proyectos Geotérmicos y Aguas Termales en Honduras (Elaboración propia según ENEE, 2020)

El Gobierno de Honduras creó en 2021 el “Sistema de Información Geográfica para el Potencial de los Recursos Renovables en Honduras” (SIGPRRH). A corto plazo, se prevé su publicación en una plataforma web, en la cual se incluirá la energía geotérmica como recursos renovable.

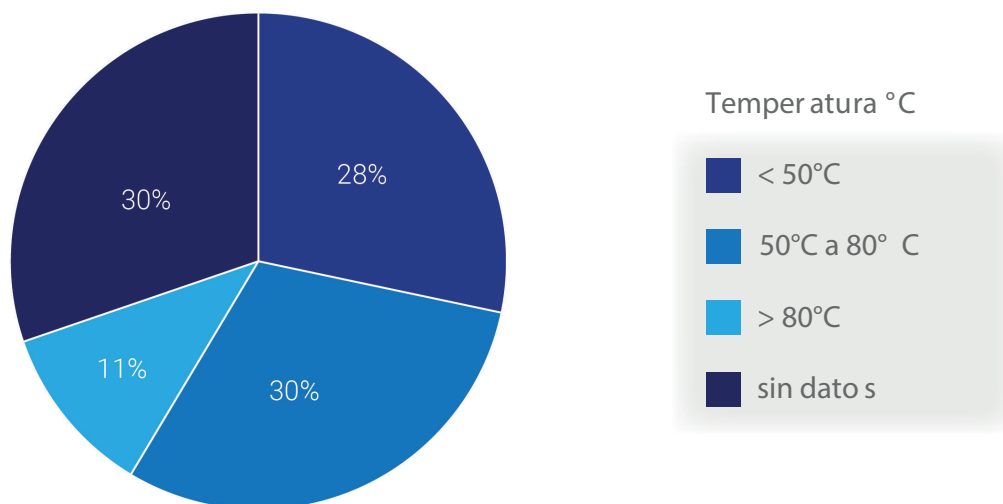


Gráfico 27: Manifestaciones Hidrotermales por rangos de temperatura (en porcentaje), (Elaboración propia según ENEE, 2020)

VI. Capacidad técnica para la exploración geotérmica

En Honduras, el desarrollo de proyectos geotérmicos se maneja a través de inversión privada. De igual manera, el Gobierno de Honduras requiere realizar trabajos para la identificación y caracterización de los recursos geotérmicos, inclusive para la toma de decisión y lograr disponer de información inicial para nuevas inversiones.

Como se puede observar en la (Tabla 8), en la actualidad las instituciones de Honduras requieren ser equipadas y capacitadas para llevar adelante actividades de reconocimiento y exploración geotérmica.

Se requiere la coordinación interinstitucional entre entidades gubernamentales y academia para la realización de estudios geotérmicos.

Aun así, hay algunas actividades exploratorias que no se pueden realizar en el país debido a la falta de instrumentos e infraestructura técnica, incluyendo servicios privados. Por ejemplo, no se dispone de equipamiento para procesar imágenes de satélites multiespectrales ni radar, el instrumental para realizar estudios de rocas es obsoleto o inexistente; se necesita un equipo para analizar gases termales; no se cuenta con un gravímetro ni equipamiento para métodos eléctricos profundos. Tampoco se dispone de compañías nacionales que perforen pozos geotérmicos para la exploración profunda.

Sensores remotos	Geología	Geoquímica	Geofísica	Perforaciones
Procesamiento de imágenes multispectrales, lidar, radar. <input type="checkbox"/>	Cartografía litoestratigráfica y estructural (2,3) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis químico de Aguas Termales (1) <input checked="" type="checkbox"/>	Potencial espontáneo (1,2) <input checked="" type="checkbox"/>	Perforación de pozos someros gradiente, "Slim holes" (5) <input checked="" type="checkbox"/>
Levantamiento termal y fotogrametría DEM. Dron-UAV (1) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis Petrográfico Básico (2,3) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis de Gases Termales <input type="checkbox"/>	Magnetometría (1,2) <input checked="" type="checkbox"/>	Perforación de pozos exploratorios geotérmicos <input type="checkbox"/>
Mapeo de lineamientos (1,2) <input checked="" type="checkbox"/>	Mapeo e inventario de manifestaciones termales (1,2) <input checked="" type="checkbox"/>	Geotermometría (1) <input checked="" type="checkbox"/>	Gravimetría <input type="checkbox"/>	
	Medición de temperatura del suelo (1,2) <input checked="" type="checkbox"/>	Química Hidrológica en fase líquida (1,2,4) <input checked="" type="checkbox"/>	Métodos de Corriente Directa (2) <input checked="" type="checkbox"/>	
	Hidrogeología (2) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis de Isótopos (1) <input checked="" type="checkbox"/>	(MT / TEM) <input type="checkbox"/>	
			Sismicidad (2) <input checked="" type="checkbox"/>	
1 ENEE	2 UNAH	3 INHGEOMIN	4 UPNFM	5 Empresa Privada

Tabla 8: Capacidades técnicas institucionales para el desarrollo geotérmico

VII. Programas de educación e investigación en Geotermia

A nivel nacional, existen varios centros de educación superior que ofrecen programas de pregrado y posgrado en el área de energías renovables, con clases específicas en geotermia:

Aun así, se requieren carreras de pregrado y posgrados (maestrías y/o doctorados) especializados en geotermia, así como también docentes especializados en los métodos de exploración y explotación geotérmica. Al respecto se observa una necesidad de cooperación académica con facultades especializadas en geotermia a nivel internacional que puedan transferir conocimiento y prestar servicios de docencia por ejemplo a través de programas de intercambio.

Institución	Programa de educación
Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH)	<ul style="list-style-type: none"> Licenciatura en Geología con orientación en geotermia (12 períodos). Investigación Geotérmica sin programa de investigación.
Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC)	<ul style="list-style-type: none"> Ingeniería en Energía, con clases generales en geotermia (60 horas). Maestría en Gestión de Energías Renovables, con clases generales en geotermia (40 horas).
Universidad Nacional de Ciencias Forestales (UNACIFOR)	<ul style="list-style-type: none"> Ingeniería en Energía, con clases generales en geotermia (60 horas). Maestría en Gestión de Energías Renovables, con clases generales en geotermia (40 horas).
Universidad Politécnica de Ingeniería (UPI)	<ul style="list-style-type: none"> Ingeniería en Energía, con clases generales en geotermia (60 horas).
Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán (UPNFM)	<ul style="list-style-type: none"> Ingeniería en Energía, con clases generales en geotermia (60 horas). Maestría en Gestión de Energías Renovables, con clases generales en geotermia (40 horas).

Tabla 9: Programas de educación e investigación en geotermia

VIII. Desafíos y oportunidades

Desafíos

Exploración del Recurso Geotérmico

Por parte del gobierno, pero también en el sector privado hay muy pocos expertos para la exploración geocientífica a nivel nacional, equipados con los instrumentos y métodos adecuados disponibles.

El país requiere de formación de expertos en las diferentes áreas de la geotermia. La promoción de las carreras se dará por la implementación de proyectos de investigación. Facilitar cooperación con grupos de investigación internacionales y la aplicación a fondos de investigación internacional, dará oportunidad de adquirir conocimiento académico calificado.

La información estructurada sobre los recursos geotérmicos para su aplicación práctica por inversionistas y desarrolladores es escasa en el país. Se requiere un programa de exploración inicial del gobierno, dando mandato a una institución estatal cooperando con las universidades del país. En muchas áreas no hay un mapeo geológico que sirva para trabajos iniciales en la exploración geotérmica.

Para implementar la información geotérmica a través del SIGPRRH se requiere asegurar las capacidades de personal e informáticas y una estructura operativa que facilite la actualización y supervisión de la información técnica sobre los recursos geotérmicos del país.

Para cumplir con una estrategia de exploración, se requieren varios instrumentos para poder realizar estudios iniciales en el país. En Honduras, la cadena de trabajos para la exploración geotérmica no se puede cumplir con capacidad nacional. Se requiere un esfuerzo de inversión gubernamental en su equipamiento para la gestión básica de los recursos geotérmicos del país. Unas de las necesidades iniciales son:

- *La instalación de un laboratorio geológico que puede analizar por lo menos estudios básicos de petrografía (p.e. elaboración y análisis de láminas delgadas), adicionalmente se requiere realizar un convenio con uno de los países vecinos al respeto.*
- *En el caso de facilitar análisis geoquímicos avanzados, que son necesarios para la evaluación de potencial geotérmico, el análisis de gases es fundamental en caso de la geotérmica profunda.*
- *Por el momento la cromatografía de gases se realiza fuera del país, lo cual es complejo por las restricciones de envío. Para algunas manifestaciones termales que se encuentran en Honduras, que tienen un contenido de gases disuelto hacen necesario el uso de métodos adaptados a las condiciones de geoquímicas locales.*
- *Los métodos geofísicos son pocos en el país y se refieren sobre todo a geofísica somera.*

Para la exploración profunda de los recursos geotérmicos, los métodos geofísicos requeridos son más complejos e incluyen magnetotelúrica.

Para crear una base de información, se requiere la implementación de programas de reconocimiento de exploración en la academia y en las instituciones de investigación del gobierno. La creación de fondos al respecto sería una necesidad para poder avanzar.

Institucionales / Políticas

Para las diferentes fases de exploración, no existe un proceso de gestión administrativa clara para el manejo de los recursos geotérmicos del país. Algunos procesos para la generación de energía eléctrica están definidos en las leyes vigentes. Se requiere el fortalecimiento en el marco regulatorio, políticas y estrategias específicas para el desarrollo geotérmico nacional. Para generación de energía eléctrica, existen vacíos legales relacionados al otorgamiento de permisos y/o autorizaciones de concesiones de recurso geotérmico, e incentivos generados específicamente para el desarrollo de la geotermia.

Para el Uso Directo no hay un ámbito regulado en el presente, para lo cual es necesario implementar procesos formales de coordinación interinstitucional de planificación local, sobre todo para proyectos de Uso Directo, lo cual tiene una importancia relevante.

Las instituciones académicas y técnicas de Honduras requieren más representación en los grupos de investigación a nivel internacional con temas de geotermia y deberán aprovechar los programas internacionales de formación e investigación, así como iniciar cooperaciones académicas con universidades especializadas. Además, es necesario realizar una promoción de geotermia en las escuelas agrícolas, siendo una fuente energética que tiene aplicaciones importantes en la agronomía.

Sociambientales

Como las técnicas de exploración geotérmica son similares a las actividades de explotación minera, hay resistencia en algunas regiones del país ya iniciando la fase de reconocimiento, aunque los impactos ambientales no son comparables con los impactos de la actividad minera. Se requiere un fuerte involucramiento de la comunidad con métodos participativos e inclusión social, demostrando los beneficios de la geotermia a nivel local.

Un vínculo sobre estudios de recursos hídricos y agua potable dará chance de mejorar la perspectiva de estos trabajos. El acceso a áreas de interés en algunos municipios está delimitado, debido a conflictos sociales y ambientales que están relacionados a la minería.

En la parte de perforación, hay un desafío en términos del desarrollo de actividades de perforación profunda y perforación protegida (bajo conceptos de presión). No hay información

sobre servicios y tecnología para actividades de perforación en fase de exploración y explotación, ya que no existen perforadoras en el país.

Por el momento, proyectos geotérmicos de Uso Directo no tienen acceso a mecanismos financieros de preinversión y de inversión. El involucramiento con programas de fondos verdes y programas bancarios para proyectos agrícolas y ambientales sería un eje importante de promoción del aprovechamiento de la fuente energética dispuesta por los recursos geotérmicos del país.

Oportunidades

Exploración del Recurso Geotérmico

El país cuenta con una base cartográfica de las aguas termales, lo cual se encuentra digitalizado. La verificación, extensión y mejora de información del inventario como tarea en la planificación anual de un ente gubernamental agregará valor a esta base importante de información y dará utilidad para una plataforma de información para promover inversión hacia el aprovechamiento de los recursos.

Existe una serie de datos relevantes, incluyendo datos de inventario nacional, para el desarrollo de estudios de factibilidad geotérmica, en sitios con potencial para desarrollarse, de acuerdo a una base de datos y tener en cuenta para la planificación de exploración futura. El SIGPRRH tiene potencial de utilizarse como base para disponer la información geotérmica a un público, inclusive inversionistas.

Aunque no existen todos los instrumentos para una exploración avanzada de los recursos geotérmicos del país, existen grupos de investigación en cuatro universidades que crean actividades en áreas piloto, lo cual apoya a la creación de tesis de graduación en la temática de geotermia a nivel nacional.

Existen laboratorios para realizar análisis de las aguas termales hasta cierto nivel. El laboratorio más avanzado en ello por parte del gobierno se ubica en la ENEE. Existe personal capacitado para el análisis geoquímico referente a recursos geotérmicos, que facilitará la implementación de nuevos instrumentos de análisis.

Existe personal capacitado y equipado para levantamientos con drones, sobre todo para mapeos termales de áreas geotérmicas. La compra de sensores adicionales para el uso en drones ampliaría el margen de aprovechamiento, por ejemplo, en la parte de geofísica.

Institucionales / Políticas

La aprobación de la política de geotermia elaborada por la SEN sería un primer paso importante de crear condiciones claras para exploración y explotación y manejo de los recursos geotérmicos del país. Esto dará base para la creación de marcos regulatorios específicos

y normativas técnicas, tanto para un plan maestro para geotermia de generación eléctrica como para usos directos.

Sobre INHGEOMIN, es una institución que tienen funciones relacionados con estudios geológicos en el país. Al ampliar su mandato, podría cumplir con tareas en el ámbito de mapeos relevantes para la caracterización de los recursos geotérmicos del país.

La ENEE es una institución con capacidades y actividades en la exploración geoquímica y geofísica en el país. Esto da opción de equipamiento adicional en estos aspectos de exploración.

En cinco universidades del país, existen actividades académicas para la exploración geotérmica, y en algunas universidades, parcialmente están coordinadas en Grupos de Investigación sobre temas geotérmicos. Enlazando las actividades con la fortaleza de cada entidad, podría resultar el desarrollo de proyectos de investigación con perspectivas innovadoras, a nivel de aplicación de metodologías y tecnologías geotérmicas.

La escuela agrícola de Zamorano, tiene reconocimiento internacional, por lo cual el involucramiento de dicha escuela a proyectos de investigación podría ampliar el alcance de proyectos pilotos. A parte de esto hay otras escuelas agrícolas que pueden divulgar el conocimiento, incluyendo actividades en áreas rurales que beneficiarán a nivel local.

Existen cooperaciones a nivel internacional para el apoyo en el ámbito de desarrollo de la geotermia. Aunque la dependencia de ello debe evitarse, puede utilizarse en forma coordinada para trabajar algunos de los desafíos del país.

Socioambientales

La SEN está elaborando una Guía de Buenas Prácticas de Relacionamiento Comunitario para el sector energético que puede servir en la comunicación para proyectos geotérmicos. Adicionalmente, con base a las experiencias de GeoPlatanares el BID lanzó una guía de Buenas Prácticas para Desarrolladores en 2021 que da una base para mejorar la aceptación social de proyectos geotérmicos futuros.

IX. Referencias

- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2021).** Guía de Buenas Prácticas para Desarrolladores. Tegucigalpa.
- Congreso Nacional. (2022).** Ley Especial para Garantizar el Servicio de la Energía Eléctrica como un bien Público de Seguridad Nacional y un Derecho Humano de Naturaleza Económica y Social. Decreto No. 46-2022. Tegucigalpa.
- Congreso Nacional. (2007).** Ley de Promoción a la generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables, Decreto NO. 70-2007. Tegucigalpa.
- Congreso Nacional. (2009).** Ley General de Aguas 2009, Decreto No. 181-2009. Tegucigalpa.
- Congreso Nacional. (2015).** Ley General de la Industria Eléctrica. Decreto No. 404-2013. Tegucigalpa.
- Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE). (2020).** Boletín Estadístico. Tegucigalpa.
- Finch, R.C. (1987). Los Álamos National Laboratory / Catalog of known hot springs and thermal place names for Honduras. New Mexico, USA.
- Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2015).** Estudio de Viabilidad /Aprovechamiento del Recurso Geotérmico de Baja y Mediana Temperatura para usos Industriales. Tegucigalpa, Honduras.
- Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2020).** Utilización del Calor Geotérmico en Procesos Industriales en los Países Miembros del SICA (GEO II). Santa Elena: Equipo Proyecto Utilización del Calor Geotérmico en Procesos Industriales en los Países Miembros de SICA / GIZ. <http://sercicr.com/media/cea21/CEA21-Ana-Alfaro-GEO-II-GIZ.pdf>
- Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH / (FOGEO). (2017).** Geotermia en Honduras / Un Análisis de las Naciones Unidas. <https://fisica.unah.edu.hn/dms-document/9497-articulo-geotermia-en-honduras-pdf>
- Operador del Sistema (ODS). (2020).** Plan Indicativo de Expansión de Generación en el Sistema Interconectado Nacional. Tegucigalpa.
- Secretaría de Energía (SEN), (2019).** Balance Energético Nacional 2019. Tegucigalpa.
- Secretaría de Energía SEN, (2021).** Propuesta de Política Nacional de Fomento a la Geotermia / Dirección General de Energía Renovable y Eficiencia Energética. Tegucigalpa.
- Secretaría de Planificación (SEPLAN). (2010).** Plan de Nación y Visión de País. Tegucigalpa.
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA). (1993).** Ley General del Ambiente. Decreto No. 104-93. Tegucigalpa.



ESTADO DE LA GEOTERMIA EN
NICARAGUA

I. Antecedentes

Dentro de la región del SICA Nicaragua es un país dotado de un importante potencial geotérmico que se utiliza parcialmente para generación eléctrica en dos plantas y algunos balnearios. Dicho potencial está íntimamente conectado a la cordillera volcánica activa que se extiende a lo largo de la costa del Pacífico. Esta y extensas áreas de actividad hidrotermal, indican una fuerte presencia de cuerpos magmáticos a profundidad que contienen un potencial calorífico, iniciando con el Volcán Cosigüina hasta el Volcán Madera en Isla de Ometepe.

Los primeros estudios relacionados con el aprovechamiento de la energía geotérmica del país se iniciaron a finales de los años 60s, y luego tomaron mayor impulso a partir del año 1973 a través de varios esfuerzos internacionales. El primer pozo profundo de exploración fue perforado en el sistema volcánico Momotombo en 1974 con base en estudios geotérmicos realizados a partir de 1966, resultando en la primera planta geotérmica del país de 35 Megavatios (MW) entrando en operación en 1983. En 1989 fue completada la instalación de una unidad adicional de 35 MW. De ambas unidades, en la actualidad solo una está en operación con capacidad reducida entre 20 – 25 MW.

En 2003 ORMAT instaló y puso en funcionamiento en el mismo campo una Planta de Ciclo Binario con una capacidad de 7.5 MW, alcanzando una capacidad instalada de 77.5 MW. Por la declinación de la producción de vapor en dicho campo la capacidad efectiva es de 25 - 27 MW.

En el año 2005 entra en funcionamiento una segunda planta geotérmica, en el Área geotérmica San Jacinto-Tizate a través de una concesión que el estado de Nicaragua otorgó a una empresa privada, la cual inició con dos unidades de contrapresión (a boca de pozo) de 5 MW cada una. En 2012 se completó la instalación de dos unidades de condensación de 38.5 MW cada una. Ya cuando se había instalado la primera unidad de 38.5 MW se desmontaron las unidades de contrapresión, quedando una potencia instalada de 77 MW en la Planta de San Jacinto-Tizate. Actualmente, la planta genera un promedio de 66 MW de energía.

El mercado geotérmico en Nicaragua es un mercado de oportunidad. En caso de la Planta Geotérmica Momotombo es administrado por el Consorcio Privado Momotombo Power Company (MPC), quienes tienen un Contrato de Asociación en participación con la Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL), por un período de quince años (2014 - 2029), mientras que la Planta Geotérmica San Jacinto-Tizate es operado y administrado por la empresa privada.

En base a las modificaciones de la ley 443 se requiere una participación de ENEL en proyectos nuevos. Investigaciones recientes resaltan el potencial para implementar proyectos de Uso Directo. Para ello, el instrumento principal es el Inventario de Manifestaciones Hidrotermales realizado por el MEM.

Para generación eléctrica hubo cooperación internacional muy estrecha. En el caso de Uso Directo, en la actualidad hay un esfuerzo con el BID y la Cooperación Alemana.

II. Matriz energética nacional y prospectiva

De acuerdo a la matriz energética de Nicaragua (Gráfico 28), el recurso energético como fuente primaria de mayor consumo a nivel nacional es la leña como fuente de calor, con una representación del 40% del total de consumo de energía a nivel nacional, este recurso se consume en las zonas rurales y algunas zonas urbanas para la cocción de alimentos y en actividades productivas en la microindustria, asimismo los combustibles fósiles predominan en la matriz energética con un 46.5%.

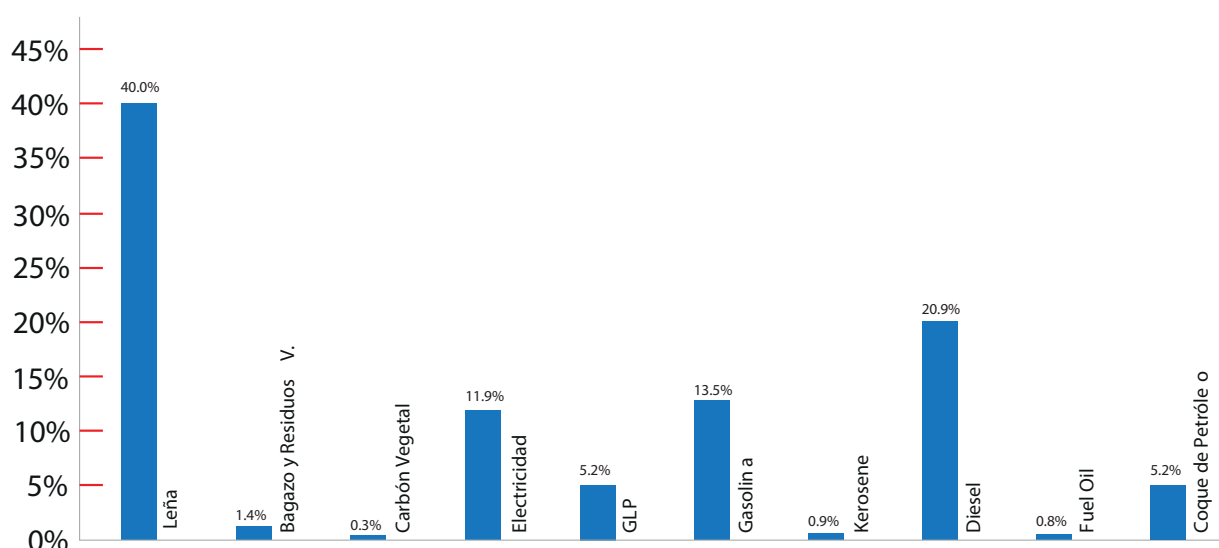


Gráfico 28: Matriz Energética Nacional, (Elaboración propia según MEM, 2019)

En la matriz eléctrica del país, la geotermia representa el 16% de la energía generada, debido a los proyectos geotérmicos Momotombo y San Jacinto - Tizate (Gráfico 29), generando para el año 2020 un total 695 GWh. En Nicaragua se ha promovido e incentivado la incorporación de tecnologías de energías renovables, logrando alcanzar al año 2020 una participación del 51% en la matriz eléctrica, contra un 24% de energía generada por medio de fuentes fósiles. Las tecnologías geotérmica e hidroeléctrica actualmente representan un eje importante y predominante de las energías renovables en el país. Asimismo, las energías renovables variables como solar y eólica presentan una contribución considerable con un 13.52%.

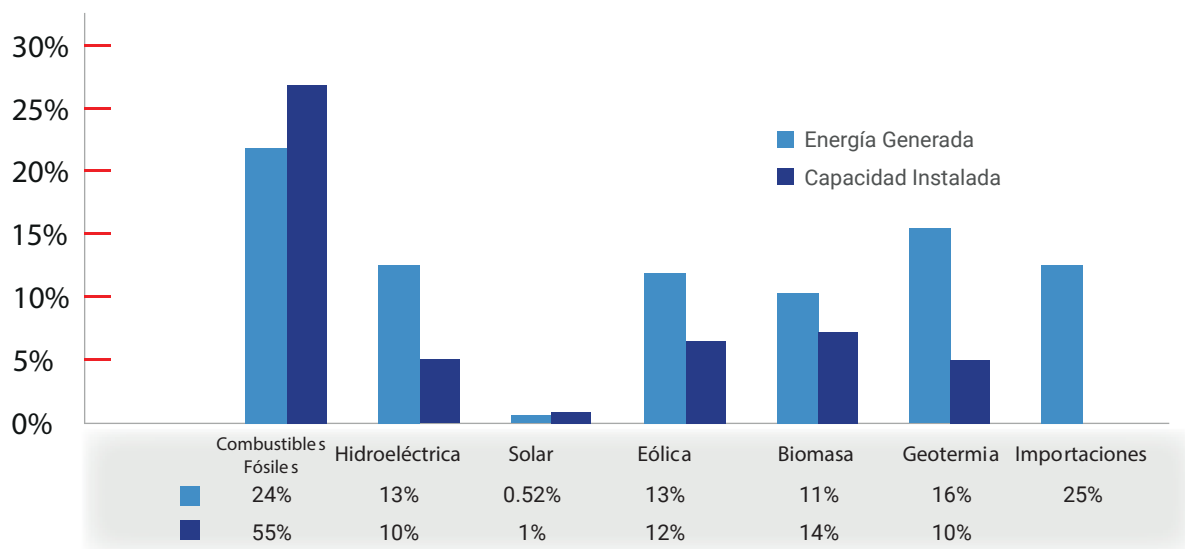


Gráfico 29: Matriz Eléctrica Nacional, (Elaboración propia según MEM, 2021)

De acuerdo al Plan de expansión de la generación 2019-2033 (Ministerio de Energía y Minas, 2018), se prevé la entrada de tres plantas geotérmicas nuevas en el periodo 2021 - 2030 (Gráfico 30), estimando la entrada de la planta Cosigüina con 25 MW en el año 2028 y las plantas geotérmicas Mombacho con 35 MW y El Hoyo-Monte Galán con 25 MW en el año 2029. Con esto se alcanzará una capacidad instalada de 239.5 MW de energía geotérmica para el año 2030.

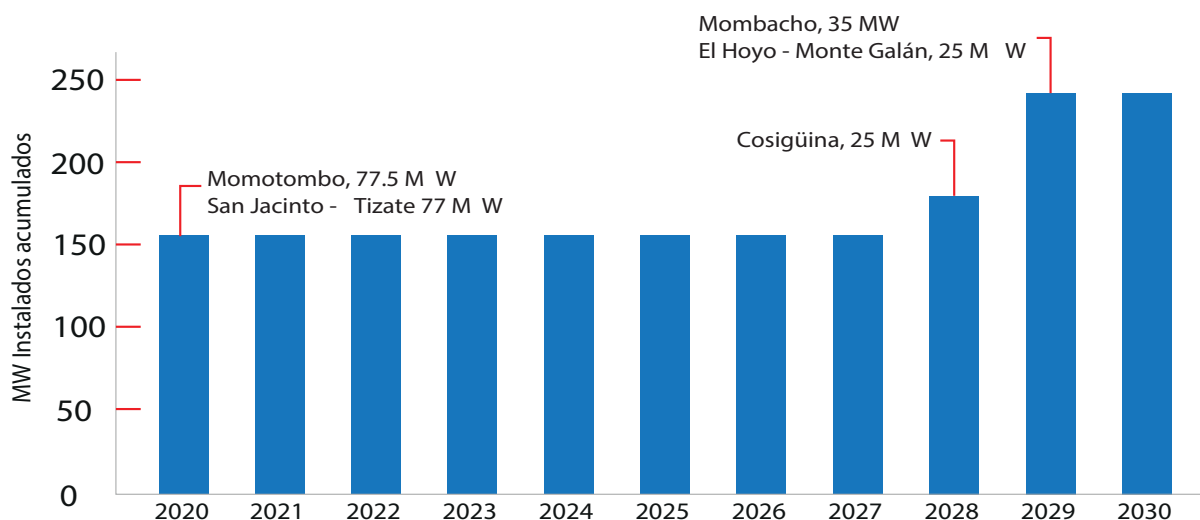


Gráfico 30: Prospectiva de incorporación de plantas geotérmicas al 2030, (Elaboración propia según Plan de Expansión, 2019)

Según el balance energético nacional 2019, el sector de mayor consumo de energía en Nicaragua es el residencial con un 44%, seguido por el sector transporte 28.8% y de los sectores comercial 12% e industrial 11.8%. El sector industrial en conjunto con el sector agrícola tiene relevancia para el Uso Directo de la geotermia utilizado para procesos productivos, apuntando a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), considerando que la fuente principal de consumo de estos sectores es combustible fósil.

III. Políticas públicas y marco regulatorio

Nicaragua cuenta con el Plan Maestro Geotérmico del año 2001, el cual abarca la zona del Pacífico correspondiente a la Cordillera de los Maribios, y se utiliza como instrumento de planificación que permite establecer límites y condiciones de concesión para las empresas privadas, además de servir como documento base de presentación y promoción de las áreas geotérmicas del país.

El desarrollo proyectado de la geotermia en Nicaragua está definido en gran manera a la planificación energética nacional contenida en el plan de expansión de la generación energética de 2019 – 2033, el cual es el instrumento que ha sido concebido para alcanzar los objetivos señalados en el Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano (PNLCP-DH) 2022-2026, en el cual se incluye la expansión de generación de las energías renovables, incluida la energía geotérmica. Respecto al establecimiento de las condiciones básicas en términos de regulación sobre el desarrollo de actividades de exploración y explotación de los recursos geotérmicos del país para la generación exclusiva de energía eléctrica, se encuentran contenidos en La Ley 443 (Ley de exploración y explotación de recursos geotérmicos).

En la Ley 443 se establece que la Concesión de Exploración Geotérmica, está enfocada a determinar el potencial para generar energía eléctrica y su evaluación técnica, económica y ambiental, con carácter exclusivo, tiempo definido a 3 años, prorrogables a 2 años y en un área de interés máxima de 100 km²; mientras la Concesión de Explotación Geotérmica se concentra en la extracción del fluido geotérmico para convertirlo o transformarlo en energía eléctrica, de forma exclusiva, por un plazo máximo de 30 años, y un área no mayor a 20 km², pudiendo ampliarse hasta 20 km² más bajo condiciones establecidas en la Ley 443.

Nicaragua ha realizado esfuerzos para el aumento de la participación de tecnologías renovables, por medio de la Ley No. 532 (Ley para la promoción de generación eléctrica con fuentes renovables), se ha creado la regulación específica para promover el desarrollo de nuevos proyectos de generación eléctrica con fuentes renovables y de proyectos que realicen ampliaciones a la capacidad instalada de generación con fuentes renovables y que se encuentren actualmente en operación, así como de los proyectos de generación de energía eléctrica que ocupen como fuente la biomasa y/o biogás producidos en forma sostenible, estableciendo incentivos fiscales, económicos y financieros que contribuyen a dicho desarrollo, lo cual de una forma directa impulsa el desarrollo geotérmico en el país y otros recursos naturales renovables, dentro de un marco de aprovechamiento sostenible de los recursos energéticos renovables.

En Nicaragua hasta el momento, no existe un marco legal que regule ni fomente el desarrollo de proyectos de usos directos. La Ley 443, ley de exploración y explotación de recursos geotérmicos, es exclusiva para la generación de energía eléctrica. Sin embargo, existen otras leyes vigentes con importancia secundaria a la geotermia y sus proyectos de aprovechamiento como, la ley general del ambiente y los recursos naturales que regula el aprovechamiento de los recursos renovables de forma sostenible y regula la gestión de evaluación de impacto ambiental, otorgando licencias ambientales, asimismo la ley general de aguas Nacionales (2007), por medio de la cual la Autoridad Nacional del Agua (ANA) es el órgano responsable en el ámbito nacional de la gestión de las aguas, a la cual se le hace la solicitud de autorización para extracción y uso de aguas de cualquier naturaleza incluidas la de origen geotérmico y las utilizadas durante la perforación las cuales no se diferencian de las aguas para consumo o agricultura en dicha ley pagándose únicamente un canon.

IV. Estructura Institucional para el desarrollo de la Geotermia

La energía geotérmica forma parte del sector energético de Nicaragua, el cual es liderado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) como ente rector del sector energético en el país, de igual manera maneja la temática de producción de energía térmica por Uso Directo de recursos geotérmicos. El MEM como órgano del estado, se encarga de otorgar las Concesiones de Exploración y Explotación Geotérmica, de acuerdo a la Ley No. 443, Ley de Exploración y Explotación de Recursos Geotérmicos, con sus reformas y Reglamento (Decreto 45-2010).

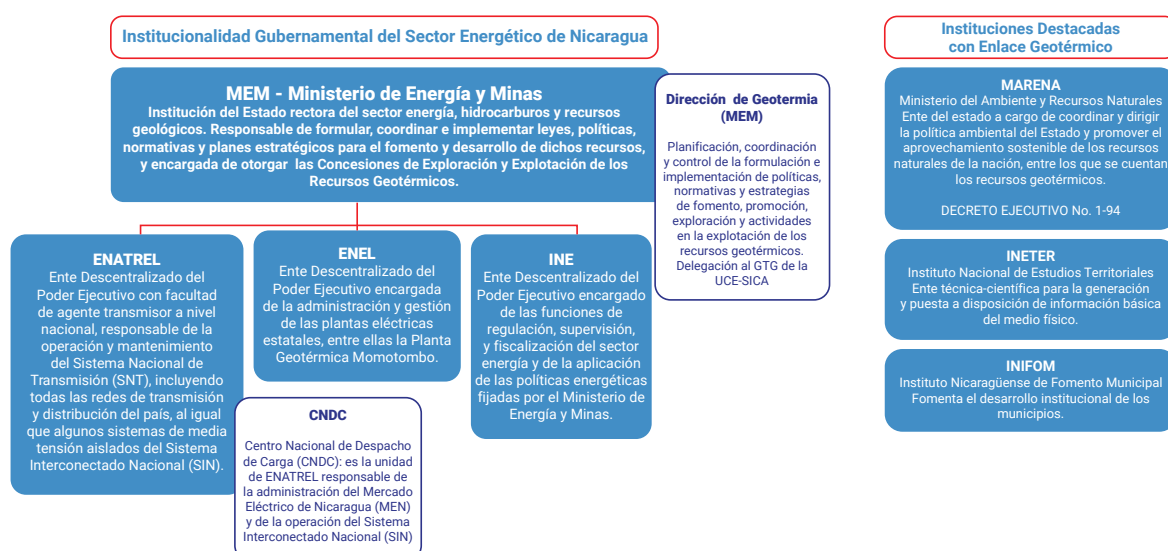


Gráfico 31: Visualización del sector energético estatal relevante para la geotermia del país

Adicionalmente, el Instituto Nicaragüense de Energía (INE), es un ente descentralizado bajo la rectoría sectorial de la Presidencia de la República, con personalidad jurídica, con duración indefinida, patrimonio propio y con plena capacidad para adquirir derechos y contraer

obligaciones. El INE es la entidad encargada de las funciones de regulación, supervisión y fiscalización del sector energía y de la aplicación de las políticas energéticas fijadas por el Ministerio de Energía y Minas.

La Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL), es un Ente descentralizado del Poder Ejecutivo encargada de la administración y gestión de las plantas estatales, tales como: Planta Las Brisas, planta Managua, plantas hidroeléctricas Carlos Fonseca y Centroamérica, y la planta geotérmica Momotombo.

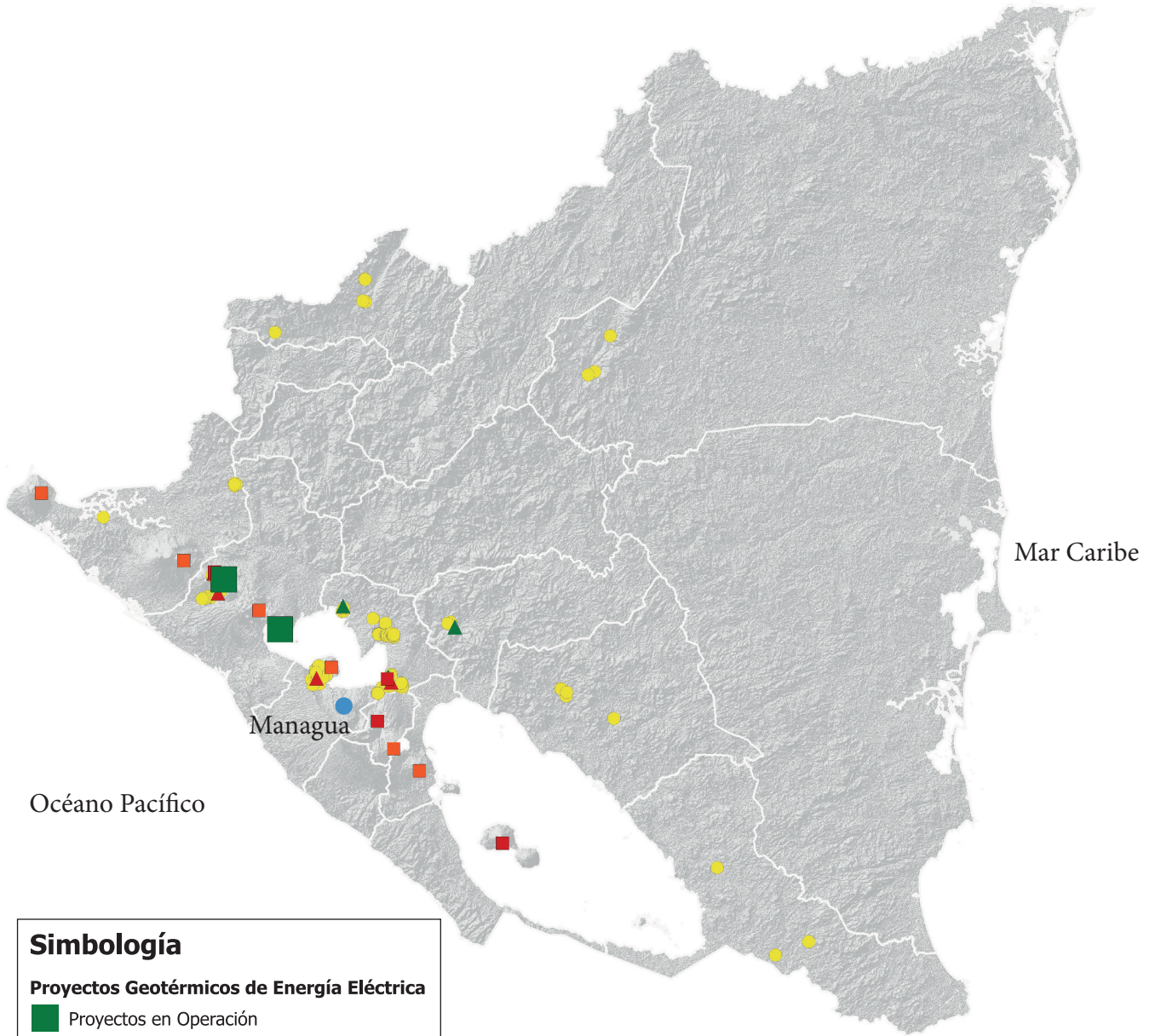
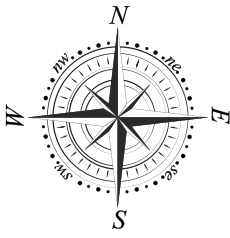
Existen otras instituciones que forman parte del desarrollo de los recursos naturales como, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), que está a cargo de coordinar y dirigir la política ambiental del estado y promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales del país, por medio del control y regulación de la gestión ambiental y los recursos naturales. El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) es el organismo encargado de generar y distribuir información básica (geológica e hidrogeológica) y los estudios e investigaciones del medio físico que constituyen información base para el desarrollo geotérmico en el país. Hasta el momento, el INETER no tiene una función específica en el sector energético.

V. Inventario de los Recursos Geotérmicos

La Cordillera Volcánica tiene una influencia directa a la existencia y el tipo de recursos geotérmico de Nicaragua. El Plan Maestro Geotérmico de 2001 identifica un potencial promedio ponderado de reservas energéticas geotérmicas de 1,519 MW para todo el país (Mapa 8). Dos campos geotérmicos (Momotombo y San Jacinto-Tizate) se encuentran en explotación, mientras que el campo geotérmico Casita-San Cristóbal está concesionado a Cerro Colorado Power (CCP) y tiene concesión de explotación con solicitud de préstamo para perforación profunda.

Tres campos geotérmicos identificados cuentan con estudios de pre factibilidad. Uno de ellos es el campo geotérmico del Volcán Cosigüina en el cual el MEM está gestionando con apoyo financiero del BID los estudios complementarios de Prefactibilidad y la perforación profunda de pozos exploratorios. Además, existen estudios geocientíficos en las áreas geotérmicas Caldera de Apoyo y el Volcán Mombacho y están en espera de tres perforaciones profundas de exploración para complementar los estudios de prefactibilidad bajo la dirección de ENEL.

Seis áreas geotérmicas están sin adjudicación: El Hoyo-Monte Galán y Managua-Chiltepe con estudios de pre factibilidad mientras Telica-El Ñajo, Tipitapa, Caldera de Masaya e Isla de Ometepe sin estudios de exploración detallados.



Simbología

Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica

- Proyectos en Operación
- Sitios de Exploración
- Sitios en Reconocimiento

Proyectos Geotérmicos de Uso Directo

- ▲ Proyectos en Operación
- ▲ Sitios en Reconocimiento

Manifestaciones Geotermiales

- Manifestaciones Geotermiales

Mapa 8: Ubicación de Proyectos Geotérmicos y Aguas Termales en Nicaragua, (Elaboración propia según Plan Maestro Geotérmico de Nicaragua, CNE 2001, MEM y ENEL)

A parte de los sitios identificados en el Plan Maestro Geotérmico existe una cantidad de áreas geotérmicas que han sido inventariados como áreas de interés geotérmico San Francisco Libre, Teustepe, Santa Bárbara, Macuelizo, Cerro Juan Sapo; Zinica y Waswalita, Boca de Sábalos (Las Maravillas, El Basurero), Aguas Calientes-El Tule, Aguas Calientes Juigalpa, Aguas Calientes-Ñambar, San Antonio-El Playón y Loma Playa Grande, de acuerdo al Inventario de Recursos de Baja Entalpía, MEM, 2020. A la fecha, ENEL y MEM están profundizando información geocientífica en los municipios de Telica, Mateare y Tipitapa con apoyo del Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR) con el objetivo de mapear y caracterizar las fuentes termales para la evaluación del potencial para Uso Directo apuntando al desarrollo local.

La distribución de temperaturas de las manifestaciones hidrotermales de Nicaragua resulta en un aproximado de 30% de las manifestaciones mayores de 50°C en la superficie que implica un potencial de geotermia somera para el uso de calor en la industria. Por su localidad este potencial importante se delimita mayormente al Oeste del país, en correlación con la cordillera volcánica, (Gráfico 32).

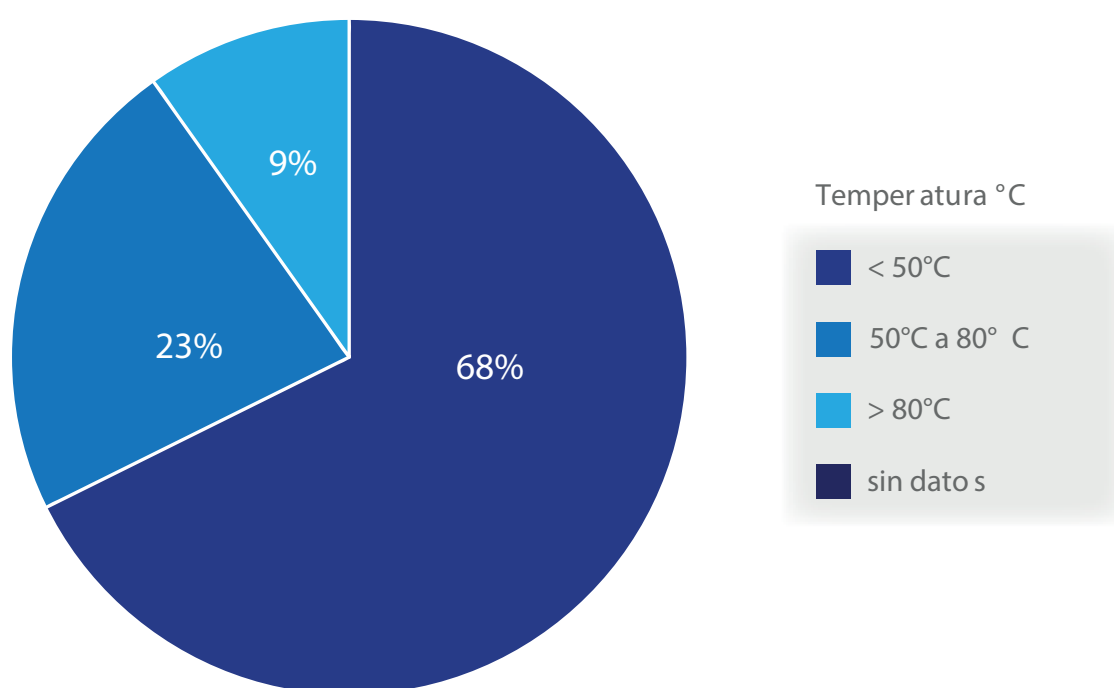


Gráfico 32: Manifestaciones Hidrotermales por rangos de temperatura (en porcentaje), (Elaboración propia según MEM, 2021)

VI. Capacidad técnica para la exploración geotérmica

Por parte del Estado existen dos entidades que tienen mandato en geotermia, MEM y ENEL. Ambas cuentan con su propia Dirección de Geotermia y equipos de trabajo para el tema, con personal calificado a nivel nacional e internacional, aunque los equipos de trabajo son relativamente pequeños. Los grupos de trabajo de cada institución trabajan

independientes de cada uno. Para la ejecución de los estudios geocientíficos de las zonas geotérmicas se cuenta con geólogos con experiencia en geotermia, personal calificado en muestreo y análisis geoquímicos de fluidos geotérmicos. Ambas instituciones no realizaron interpretaciones de datos en forma estrecha e institucionalizada debido a que los estudios fueron realizados en base de consultorías externas en el pasado. No existen geofísicos en las instituciones mencionadas, ni equipos de exploración geofísica profunda. Los geólogos recientemente fueron capacitados en estudios de potencial espontáneo para incluir cierta información de este tipo en los estudios de exploración superficial. En los trabajos de investigación geocientífica de tres sitios de baja entalpía (Tipitapa, Telica y Mateare) ambas instituciones se han coordinado para realizar los estudios geológicos, geoquímicos y de potencial espontáneo, en el marco de Yacimientos II de BGR.

ENEL y MEM cuentan con laboratorios equipados para la toma de muestra de agua, vapor y gases, así como su posterior análisis. Cuentan también con áreas de petrografía para análisis de secciones delgadas, pero no cuentan con equipamiento para la preparación de las láminas. Como se puede observar en la (Tabla 10), entre las infraestructuras que pueden ser de utilidad para los estudios geotérmicos en el país, se cuenta con el Instituto de Geología y Geofísica / Centro de Investigación Geocientífica de la Universidad Autónoma de Nicaragua (IGG-CIGEO/UNAN-Managua) y el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos (CIRA-UNAN/Managua). CIGEO dispone de personal capacitado y equipo para realizar estudios geofísicos superficiales. También tienen un laboratorio que cuenta con la capacidad de preparación de láminas delgadas y su interpretación.

Sensores remotos	Geología	Geoquímica	Geofísica	Perforaciones
Procesamiento de imágenes multispectrales, lidar, radar. (1,2,3) <input checked="" type="checkbox"/>	Cartografía litoestratigráfica y estructural (1,2,3) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis químico de Aguas Termales (1,2) <input checked="" type="checkbox"/>	Potencial espontáneo (1,2,3) <input checked="" type="checkbox"/>	Perforación de pozos someros gradiente, "Slim holes" (5) <input checked="" type="checkbox"/>
Levantamiento termal y fotogrametría DEM. Dron-UAV <input type="checkbox"/>	Análisis Petrográfico Básico (1,2,3) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis de Gases Termales (1,2) <input checked="" type="checkbox"/>	Magnetometría (3) <input checked="" type="checkbox"/>	Perforación de pozos exploratorios geotérmicos <input type="checkbox"/>
Mapeo de lineamientos (1,2,3) <input checked="" type="checkbox"/>	Mapeo e inventario de manifestaciones termales (1,2) <input checked="" type="checkbox"/>	Geotermometría (1,2) <input checked="" type="checkbox"/>	Gravimetría (3) <input checked="" type="checkbox"/>	
	Medición de temperatura del suelo (1,2) <input checked="" type="checkbox"/>	Química Hidrológica en fase líquida (1,2,4) <input checked="" type="checkbox"/>	Métodos de Corriente Directa (3) <input checked="" type="checkbox"/>	
	Hidrogeología (1,3,4) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis de Isótopos (4) <input checked="" type="checkbox"/>	(MT / TEM) (3,5) <input checked="" type="checkbox"/>	
			Sismicidad (3) <input checked="" type="checkbox"/>	
1 MEM 2 ENEL	3 IGG-CIGEO/UNAN-MANAGUA	4 CIRA/UNAN-MANAGUA	5 Empresa Privada	

Tabla 10: Capacidades técnicas institucionales para el desarrollo geotérmico

Además de las instituciones del estado, incluyendo las universidades estatales en este caso UNAN, en Nicaragua hay laboratorios privados especializados en calidad de agua como Laquisa, Bengochea, entre otros que tienen la capacidad para análisis geoquímicos básicos. Ninguna de las instituciones mencionadas tiene capacidad de perforación de pozos geotérmicos. Está inscrito a nivel nacional la empresa privada Swissboring que perfora pozos de exploración de diamantinos. Para Uso Directo, tomando en cuenta que en muchos casos es suficiente la perforación de agua hay amplia capacidad, aunque sin experiencia en la perfo-

ración para proyectos geotérmicos en sí. No existen empresas en Nicaragua para la perforación de pozos geotérmicos profundos de diámetro comercial.

VII. Programas de educación e investigación en Geotermia

Actualmente el país no cuenta con programas de educación formal en carreras universitarias vinculadas al desarrollo geotérmico y/o programas específicos de educación en Geotermia. Algunas ofrecen a nivel de posgrado y maestría energía renovable y medio ambiente, entre ellos la Universidad La Salle en León quien tiene unos expertos activos en la investigación geotérmica. La mayoría de los profesionales que han adquirido estudios relacionados a la geotermia, han sido formados y capacitados en el extranjero, en muchos de los casos, gracias al apoyo recibido por instituciones u organismos extranjeros. Dos programas de pregrado y posgrado en el área de energías renovables, incluyen clases específicas en geotermia:

Institución	Programa de educación
La Universidad de La Salle (ULSA, León)	• Especialidad en Energías Renovables.
La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI, Managua)	• Maestría en Energías Renovables

Tabla 11: Programas de educación e investigación en geotermia

VIII. Desafíos y oportunidades

Desafíos

Exploración del Recurso Geotérmico

Por parte del gobierno, pero también en el sector privado, hay capacidad para realizar la mayoría de las actividades que conlleva la ejecución de los estudios necesarios para el desarrollo geotérmico en Nicaragua. Sin embargo, existen ciertas acciones que aún no están disponibles en el país como son empresas para la perforación de pozos geotérmicos profundos de diámetro convencional, por lo que en caso de necesitar la construcción de pozos geotérmicos de diámetro comercial se debe buscar en el mercado internacional.

Aunque se tenga las capacidades y experiencia en el desarrollo de proyectos de energía eléctrica con recursos geotérmicos, no sucede lo mismo cuando se trata de la geotermia para usos directos, por lo que la implementación de proyectos de usos directos de geotermia representa un enorme reto, puesto que es un tema que presenta retos:

- *Debilidades en temas de geotermia de baja temperatura y aplicaciones tecnológicas para el Uso Directo de las fuentes de calor y su aprovechamiento industrial por parte de las municipalidades, la población en general y aún el personal dedicado a la geotermia de alta entalpía desconoce muchos detalles tecnológicos para su utilización directa.*
- *No se cuenta con la experiencia institucional para la evaluación de proyectos de usos directos de fuentes geotérmicas de baja temperatura.*

Debido a la administración de trabajos en el pasado, no hay una estrecha experiencia en la interpretación de datos geotérmicos a nivel institucional. En relación a capacitaciones para el personal profesional técnico de las instituciones del estado involucradas en geotermia, se requiere capacitación constante en temas de innovación geocientífica; para ello es importante la participación en los cursos como Sistema de Información Geográfica (SIG), sensores remotos, geofísica, geoquímica, así como foros de intercambio en relación a los recursos geotérmicos con énfasis en usos directos y la tropicalización de las tecnologías de usos directos en geotermia de baja y media entalpía.

Institucionales / Políticas

En Nicaragua hasta el momento, no existe un marco legal que regule ni fomente el desarrollo de la geotermia de baja entalpía para usos directos. La Ley 443, Ley de exploración y explotación de recursos geotérmicos, es exclusiva para la generación de energía eléctrica, lo cual limita de cierta forma el aprovechamiento de un alto potencial de sitios con disponibilidad de recurso geotérmico de baja y mediana temperatura para proyectos de usos directos.

Al respecto, ya se están realizando algunas actividades a nivel regional para tener un diagnóstico sobre el marco regulatorio de cada país de la región con apoyo de la GIZ y BGR a través de las actividades que realiza el GTG-SICA.

El Plan Maestro Geotérmico de 2001 requiere una actualización. La actividad debería plasmarse en las planificaciones de las entidades geotérmicas estatales.

Referente a las concesiones geotérmicas del país, por el momento no se permiten proyectos de Uso Directo de fuentes geotérmicas en el área concesionado, debido a los contratos establecidos para generación de energía eléctrica. Para fomentar el Uso Directo sería importante aprovechar las manifestaciones de alto potencial en estas áreas para dicho Uso Directo, lo que tendría un beneficio social significativo para el desarrollo local.

Debido a la existencia de dos instituciones con mandatos en geotermia, es probable la duplicidad de funciones y sería importante el trabajo coordinado con el objetivo de fortalecer la capacidad del sector geotérmico integrado con una base de datos en común.

Para la utilización de los métodos de geofísica para la exploración geotérmica se requiere personal y equipo especializado.

Socioambientales

Se requiere desarrollar y aplicar metodologías de involucramiento de la comunidad con métodos participativos e inclusión social, demostrando los beneficios de la geotermia a nivel local. En algunos casos el acceso a áreas de interés para el aprovechamiento del

recurso geotérmico en algunos municipios es limitado, debido a conflictos sociales y ambientales que están relacionados con el uso de los recursos naturales.

En relación a los proyectos geotérmicos de Uso Directo, actualmente se limita el acceso a mecanismos financieros de pre-inversión y de inversión. El involucramiento con programas de fondos verdes y programas bancarios para proyectos de agricultura y ambientales sería un eje importante de promoción del aprovechamiento de la fuente energética de los recursos geotérmicos del país.

Oportunidades

Exploración del Recurso Geotérmico

En lo relativo a la Exploración Geotérmica para generación de energía eléctrica, Nicaragua cuenta con personal con mucho conocimiento en la mayoría de las ramas relevantes de la exploración geotérmica. Además, las plantas geotérmicas (Momotombo y San Jacinto-Tizate) cuentan con personal nacional calificado para realizar todas las tareas de campo y de planta.

Asimismo, se dispone de instituciones con capacidad de equipamiento para el desarrollo de los diferentes estudios en términos de geología, geoquímica, geofísica y perforaciones para la exploración superficial de sitios de interés para proyectos de generación de energía eléctrica y proyectos de Uso Directo a nivel nacional.

Institucionales / Políticas

A parte de un Plan Maestro Geotérmico, la Ley 443 (Ley de exploración y explotación de recursos geotérmicos) ha generado los lineamientos específicos para el desarrollo geotérmico en Nicaragua

Nicaragua cuenta con instituciones tales como MEM, ENEL, IGG-CIGEO/UNAN, CIRA/UNAN, con fortalezas en el desarrollo de proyectos geotérmicos en términos de personal capacitados en las diferentes áreas técnico científicas, así como también cuenta con seguimiento requerido para el desarrollo de estudios técnicos en el área de geotermia.

En dos universidades del país, existen actividades académicas las cuales capacitan sobre geotermia, y en algunas entidades realizan acciones de investigación sobre temas geotérmicos. Estas actividades se podrían ampliar con el fin de potenciar los resultados en términos de investigación e innovación y en términos de aplicación de metodologías y tecnologías geotérmicas.

Existen iniciativas de cooperación internacional, enfocadas al desarrollo geotérmico nacional y regional, tanto para proyectos de generación de energía eléctrica, como para el desarrollo e investigación de proyectos de Uso Directo, lo cual puede utilizarse de forma coordinada para trabajar algunos de los desafíos del país.

IX. Referencias

- Comisión Económica para América Latina (CEPAL). (2015).** Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de Nicaragua. Santiago de Chile. <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38910/1/S1500753-es.pdf>
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (2001).** Plan Maestro Geotérmico de Nicaragua. Volúmenes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11. Managua.
- Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL). (2021).** Informes semanales, Versión Digital. Managua.
- Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL). (2021).** Descripción de la planta geotérmica Momotombo. Managua.
- Instituto Italo-Latinoamericano (IILA). (2010).** Estado Actual y Desarrollo de los Recursos Geotérmicos en Centro América. Secretaría Técnico-Científica, El Salvador, Pisa, San José.
- Instituto Nicaragüense de Energía (INE). (2021).** Generación Neta de Energía Eléctrica. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2017).** Anuario Estadístico del Sector Eléctrico Nacional 2016. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2012).** Reconocimiento Geológico del Área Teustepe. Informe Interno. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2012).** Reconocimiento Geológico del Área Cerro Juan Sapo. Informe Interno. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2012).** Reconocimiento Geológico del Área Macuelizo. Informe Interno. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2013).** Anuario Estadístico del Sector Eléctrico Nacional 2012. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2014).** Anuario Estadístico del Sector Eléctrico Nacional 2013. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2014).** Reconocimiento Geológico del Área Santa Bárbara. Informe Interno. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2015).** Anuario Estadístico del Sector Eléctrico Nacional 2014. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2015).** Balance Energético Nacional 2014. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2015).** Reconocimiento Geológico del Área Zinica-Waswalita. Informe Interno. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2015).** Reconocimiento Geológico del Área Boca de Sábalo. Informe Interno. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2016).** Balance Energético Nacional 2015. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2017).** Balance Energético Nacional 2016.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2017).** Reconocimiento Geológico del Área Aguas Calientes-Ñambar. Informe Interno.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2018).** Anuario Estadístico del Sector Eléctrico Nacional 2017.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2018).** Balance Energético Nacional 2017. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2018).** Plan de Expansión de la Generación Eléctrica de Nicaragua 2019-2033. Informe Ejecutivo. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2019).** Balance Energético Nacional 2018. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2019).** Reconocimiento Geológico del Área Aguas Calientes-Juigalpa. Informe Interno. Managua.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2019).** Reconocimiento Geológico del Área San Antonio-El Playón. Informe Interno. Managua.

Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2020). Balance Energético Nacional 2019. Managua.

Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2021). Reconocimiento Geológico del Área Loma Playa Grande. Informe Interno. Managua.

Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2012). Anuario Estadístico del Sector Eléctrico Nacional 2011. Managua.

Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2011). Anuario Estadístico del Sector Eléctrico Nacional 2010. Managua.

Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2016). Anuario Estadístico del Sector Eléctrico Nacional 2015. Managua.

#SOMOSSICA

#SOMOS

¡Estamos construyendo una
región de oportunidades!



ESTADO DE LA GEOTERMIA EN PANAMÁ



I. Antecedentes

Panamá está ubicado en la franja que une América del Sur con América Central, constituyendo el límite sur de la región SICA. Su sinuoso territorio está marcado en todo su largo por una cordillera que divide al país en dos vertientes: la Caribe Norte y la Pacífica Sur. La estructura geológica de Panamá es el resultado de la interacción de tres placas litosféricas: Coco, Nazca y Caribe. Los cambios en el régimen de subducción de estas placas han determinado la activación y cese del vulcanismo en la zona.

A finales del Pleistoceno, hace aproximadamente 100 mil años, se inició una etapa volcánica que continuó hasta periodos muy recientes en la zona de Barú; donde se concentra la actividad hidrotermal del país. Este vulcanismo en Centroamérica está relacionado a la existencia de un graben longitudinal con gran expresión en Nicaragua y el Salvador, países con gran actividad geotérmica. El occidente de Chiriquí parece corresponder a la terminación oriental del graben centroamericano (Olade, 1987).

En el año 1971, el Gobierno de la República de Panamá inició los estudios sobre los recursos geotérmicos del país con un mapeo de las manifestaciones termales del territorio nacional. Sin embargo, estas investigaciones carecieron de un esquema metodológico coherente que nunca permitió llegar a determinar la existencia o no de un campo geotérmico en la República (ETESA, 2018).

En los 80s el gobierno panameño a través del Instituto de Recursos Hidráulico y Electrificación (IRHE) realizaron estudios dirigidos a la exploración de los recursos geotérmicos con apoyo internacional, tanto de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) como del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) que permitió la identificación de un área de gran interés geotérmico potencial en el complejo volcánico del Valle de Antón (Olade, 1987). Recién en el año 2000, La Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA) y la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), con apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) reiniciaron los estudios de caracterización de sitios con potencial, donde se tomaron muestras de agua en temporada lluviosa y seca en 88 puntos previamente identificados a los que se le realizó análisis químico de los principales cationes y aniones, incluyendo elementos trazas (ETESA, 2018).

En el 2006, la firma West Japan Engineering Consultants, Inc., consultoría del JBIC (Japan Bank for International Cooperation) en el marco del Plan Puebla – Panamá presentó la más reciente estimación preliminar del potencial geotérmico de Panamá, ascendiendo éste a 42 MW, distribuidas en 24 MW en el área de Barú Cerro Colorado y 18 MW en el área de El Valle de Antón.

II. Matriz energética nacional y prospectiva

De acuerdo con la matriz energética de Panamá (Gráfico 33), el recurso energético como fuente primaria de mayor consumo a nivel nacional son los recursos fósiles, con una representación del 68.2% del consumo total energético del país. Este recurso se consume en mayor parte por el sector transporte, pero también la electricidad aporta un 22.5%, que en comparación regional es un valor significativo. A diferencia de otros países de la región centroamericana el consumo de leña es de solamente 5.3%.

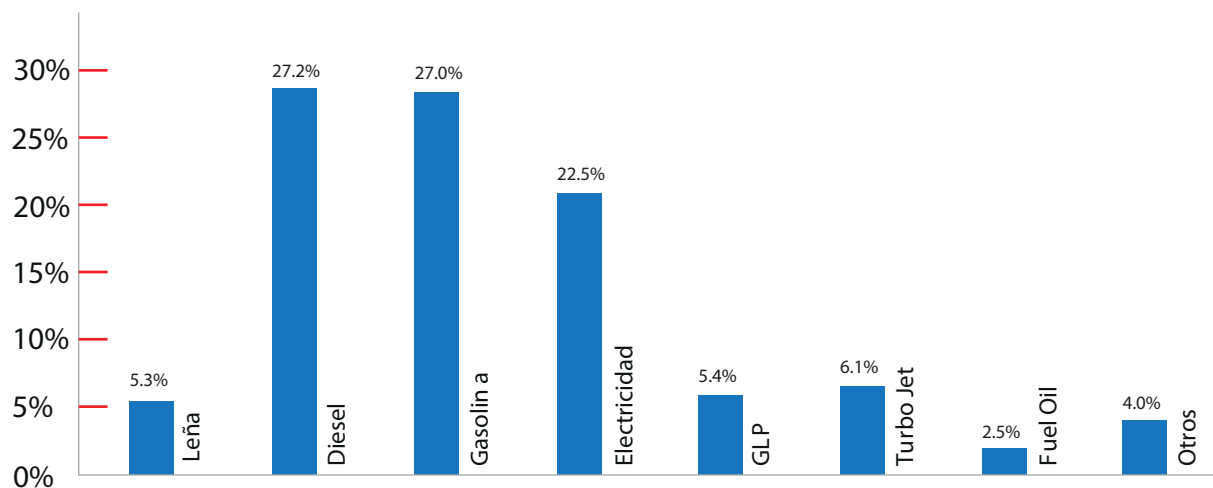


Gráfico 33: Matriz Energética Nacional, (Elaboración propia según SNE, 2020)

En la matriz eléctrica del país (Gráfico 34), la geotermia no tiene representación, la tecnología que predomina la generación eléctrica es la hidroeléctrica con un 67%, y los combustibles fósiles aportan un cuarto a esta matriz. Cabe indicar que la cantidad de energías variables en la matriz eléctrica es mayor al 8%.

A pesar de la necesidad de desarrollar fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica en Panamá, la geotermia no ha sido considerada como una alternativa viable. Esto es así a pesar de que la geotermia podría aportar aproximadamente 40 MW al sistema eléctrico (ETESA, 2018), según estimaciones preliminares. De hecho, la energía geotérmica no ha sido considerada dentro de las simulaciones realizadas en el Plan indicativo de expansión de generación del país (SNE, 2015).

Según el resumen eléctrico de 2019 el mayor consumidor de energía eléctrica en Panamá es el sector comercial con un 39.7%, seguido por los sectores residencial con 31.8%, gobierno con 11.6% e industrial con 2.7%. El sector industrial cuenta con un potencial interesante para el aprovechamiento del recurso geotérmico para usos directos, siendo utilizado en los procesos de producción, estas aplicaciones contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), considerando que la fuente principal de consumo de este sector es combustible fósil.

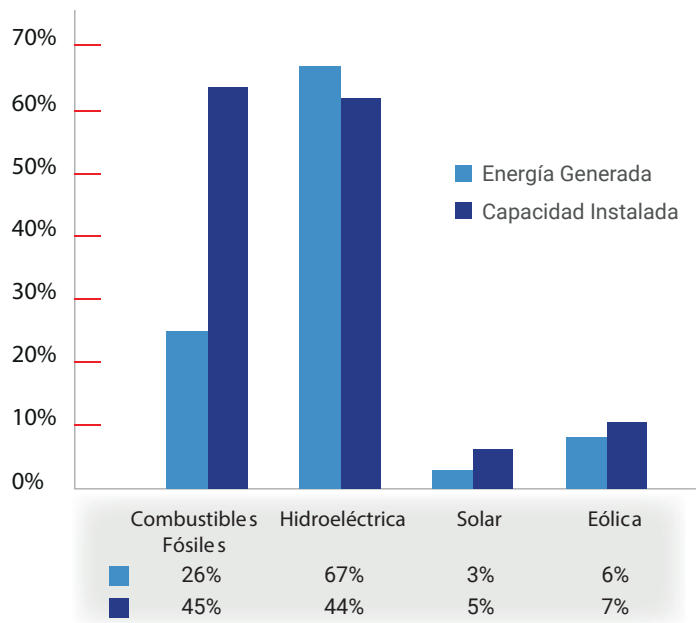


Gráfico 34: Matriz Eléctrica Nacional, (Elaboración propia según SNE, 2020)

III. Políticas públicas y marco regulatorio

La Ley 6 del 3 de febrero de 1997 es el marco regulatorio e institucional del sector eléctrico de Panamá y su servicio público de electricidad. A través de dicha ley se autorizan, gestionan y operan las fuentes de generación de energía eléctrica que se requiere en el país. Por lo cual, también se regulará el aprovechamiento de la geotermia con este objetivo. Como en los otros países miembros del SICA, en el subsector eléctrico se comprende las instalaciones correspondientes a la generación, transmisión y distribución, hasta la prestación del servicio público de electricidad. A parte de la ley mencionada se promueven energías renovables a través de la Ley 45 del 2004, la cual establece un régimen de incentivos de 5% sobre el precio de compra. El plazo para una concesión es por un máximo de 50 años, por lo que el inversionista tendría ese horizonte para la recuperación de la inversión.

Respecto a la planificación del sector, Panamá tiene vigente el Plan Energético Nacional 2015-2050. Este plan tiene como objetivo guiar las decisiones para asegurar un suministro de energía adecuado y seguro para el país. Este plan se concentra en cuatro ejes temáticos principales: acceso universal y reducción de la pobreza energética, descarbonización de la matriz energética, eficiencia energética y sobriedad del consumo, tanto como la seguridad energética.

De acuerdo con el artículo 33 de la ley general de recursos hídricos, su protección, usos y aprovechamiento del 2019 se deberán solicitar los respectivos permisos o concesiones para los usos doméstico, comercial, agropecuario, industrial, acuícola, turístico, recreativo, belleza escénica y energético. Al considerar el uso energético, tiene un enlace directo al uso de recurso geotérmicos.

De acuerdo con el artículo 60 de dicha ley la perforación de pozos de agua será llevada a cabo por entidades o personas debidamente inscritas en el Registro de Perforadores del Subsuelo. Al departamento de recursos hídricos de la Dirección Nacional de Seguridad Hídrica del Ministerio de Ambiente, se debe solicitar un permiso temporal de exploración para la perforación de pozos o uso de agua subterránea en todas sus características donde se debe especificar el uso que se le dará al agua, así como la solicitud de concesión para uso de agua, lo cual se debe de realizar para el aprovechamiento de aguas termales para aplicaciones geotérmicas.

La Secretaría Nacional de Energía en fines de 2021 está por concluir la elaboración de la Estrategia Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía, donde se han considerado aspectos relacionados con la revisión de la Guía de Construcción Sostenible para el Ahorro de Energía en Edificaciones (Resolución N° 3142, 2016) y la revisión del Reglamento de Edificación Sostenible (Resolución N° JTIA 035, 2019), para incorporar en su alcance opciones de eficiencia energética y de energía sustentable complementarias, como por ejemplo: la utilización de geotermia de bajas y medianas temperaturas. En este sentido, se creará una oportunidad para el desarrollo y fomento de la geotermia para el Uso Directo en Panamá.

IV. Estructura Institucional para el desarrollo de la Geotermia

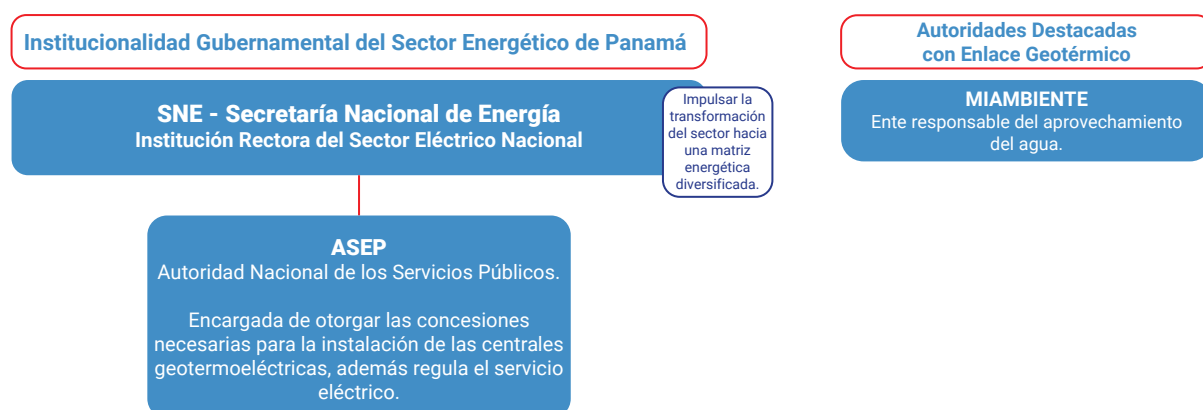


Gráfico 35: Visualización del sector energético estatal relevante para la geotermia del país

La Secretaría Nacional Energía (SNE), creada en 2008, funge como ente rector del sector eléctrico en Panamá, y colabora con otras autoridades como la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP), encargada de otorgar las concesiones necesarias para la instalación de las centrales geotermoeléctricas y el Ministerio de Ambiente, que autoriza el uso del agua. Conforme al artículo 9 numeral 5, de la Ley 43 de 2011, la SNE tiene como función, realizar los estudios básicos necesarios para identificar las posibilidades de desarrollo geotérmico; el objeto de la ley está previsto en su artículo 1, según el cual se reorganiza la SNE, como una entidad del Ejecutivo, adscrita al Ministerio de Presidencia, siendo rectora del sector energía y encargada de la política nacional en esa materia, según el plan de desarrollo nacional y dentro de parámetros económicos, competitivos, de calidad y ambientales. Si la geotermia se utiliza para generar electricidad, la ASEP debe emitir las autorizaciones correspondientes.

Dentro de las funciones de la SNE también se encuentra el impulsar la transformación del sector hacia una matriz energética diversificada y con menores costos e impactos sociales y ambientales, así como reducir la vulnerabilidad y dependencia en recursos limitados. Además, busca promover la competencia en el mercado y maximizar la eficiencia energética, dichos aspectos son considerables para impulsar el desarrollo de la geotermia en el país, conforme al Artículo 9, inclusive tendrá funciones de investigación y desarrollo tecnológico, entre las que destaca la elaboración de estudios básicos necesarios para identificar posibilidades de desarrollo hidroeléctrico y geotérmico. La Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP) es la encargada de otorgar las concesiones necesarias para la instalación de las centrales geotermoeléctricas, además regula el servicio eléctrico.

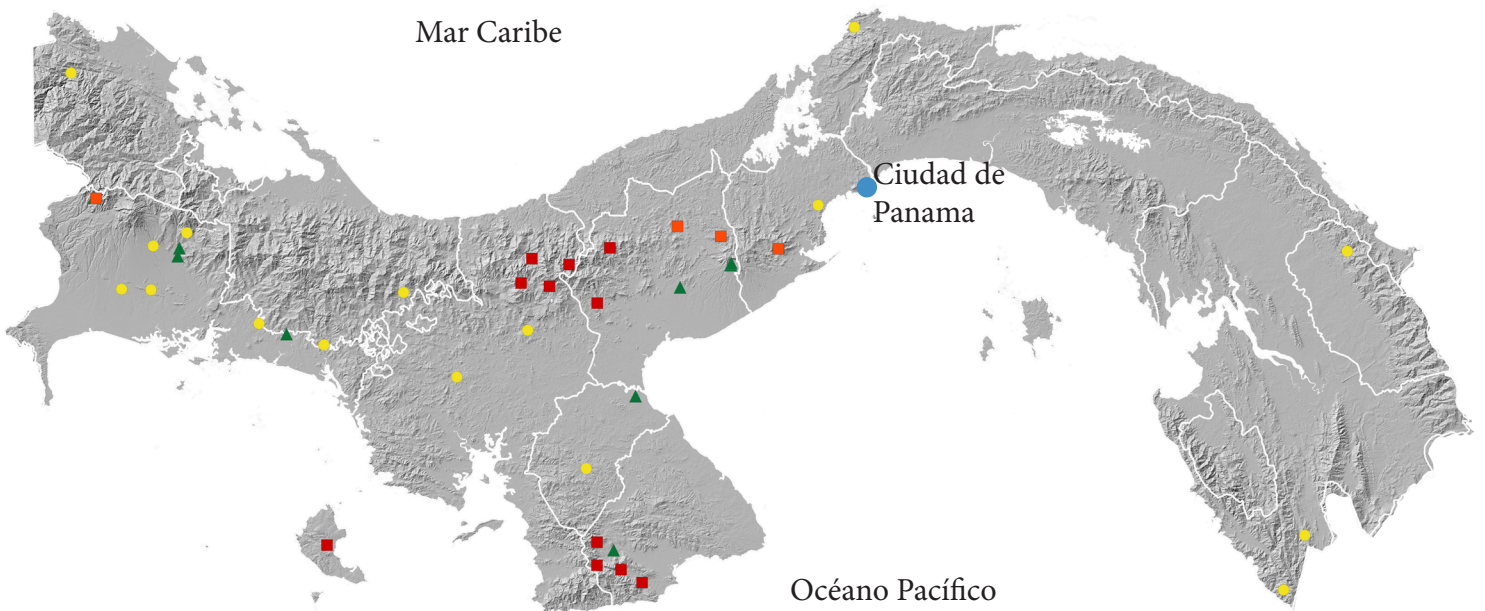
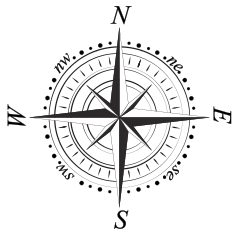
Un ministerio fuera del sector energético, pero relevante en cuanto a los recursos energéticos naturales, es el Ministerio de Ambiente (MiAmbiente). El ministerio también tiene bajo su responsabilidad, como en los demás países miembros del SICA, el aprovechamiento del agua. Por lo tanto, en conjunto con la solicitud ante ASEP, se debe solicitar el uso del agua a MiAmbiente cuando el proyecto geotérmico tenga como fin la generación eléctrica. En el caso del Uso Directo de baja entalpía, no es necesaria la concesión por parte de ASEP y únicamente se requiere la autorización de MiAmbiente.

V. Inventario de los Recursos Geotérmicos

En Panamá el aprovechamiento de los recursos geotérmicos se ha limitado al uso de aguas termales para fines turísticos. Con base a estudios que iniciaron en los años 70s y se intensificaron en los 80s, ejecutados por el IRHE, ETESA y SENACYT con apoyo de la cooperación internacional fundamentalmente OLADE, JICA y OIEA se definieron catorce sitios de interés (Mapa 9), con un potencial estimado de 24 MW en la zona de Barú – Colorado y 18 MW en la zona del Valle de Antón.

Según la cartografía de manifestaciones hidrotermales y sitios en exploración, se puede observar una densidad más alta de evidencia geotérmica en el oeste del país. No obstante, se han mapeados algunas manifestaciones en el este. Teniendo en cuenta la antigüedad del inventario de manifestaciones hidrotermales del país y su objetivo limitado a la generación eléctrica, como en los demás países de la región, se considera útil una actualización de ello para reconfirmar esta característica del país.

La información pública detallada sobre los sitios de interés identificados es escasa. Tanto referente a los sitios como a estudios actualizados, actores de investigación y objetivos. Teniendo en cuenta esta situación, se requiere un esfuerzo de recopilación de información por parte del estado para encontrar un punto de partida para actividades de exploración.



Simbología

Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica

■ Proyectos en Operación

■ Sitios de Exploración

■ Sitios en Reconocimiento

Proyectos Geotérmicos de Uso Directo

▲ Proyectos en Operación

▲ Sitios en Reconocimiento

Manifestaciones Geotermiales

● Manifestaciones Geotermiales

Mapa 9: Ubicación de sitios Geotérmicos y Aguas Termales en Panamá, (Elaboración propia según SNE, 2020)

Una barrera importante, al realizar estudios de exploración profundos se ha experimentado por ejemplo en el campo geotérmico de interés Valle de Antón. En 1999 la planificación de perforaciones exploratorias se detuvo por enfrentamientos sociales. Hasta la fecha, esto ha frenado el avance del proyecto.

VI. Capacidad técnica para la exploración geotérmica

Sensores remotos	Geología	Geoquímica	Geofísica	Perforaciones
Procesamiento de imágenes multiespectrales, lidar, radar. <input checked="" type="checkbox"/> (1,4)	Cartografía litoestratigráfica y estructural (1,4) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis químico de Aguas Termales <input type="checkbox"/>	Potencial espontáneo <input type="checkbox"/>	Perforación de pozos someros gradiente, "Slim holes" (4) <input checked="" type="checkbox"/>
Levantamiento termal y fotogrametría DEM. Dron-UAV <input type="checkbox"/>	Análisis Petrográfico Básico (1,4) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis de Gases Termales <input type="checkbox"/>	Magnetometría (1) <input checked="" type="checkbox"/>	Perforación de pozos exploratorios geotérmicos <input type="checkbox"/>
Mapeo de lineamientos/ Mapeo estructural (1,4) <input checked="" type="checkbox"/>	Mapeo e inventario de manifestaciones termales (1,2,4) <input checked="" type="checkbox"/>	Geotermometría <input type="checkbox"/>	Gravimetría (1) <input checked="" type="checkbox"/>	
	Medición de temperatura del suelo (1,2,4) <input checked="" type="checkbox"/>	Química Hidrológica en fase líquida (2,3) <input checked="" type="checkbox"/>	Métodos de Corriente Directa (1,2) (MT / TEM) <input type="checkbox"/>	
	Hidrogeología (1,2,3,4) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis de Isótopos <input type="checkbox"/>	Sismicidad (1) <input checked="" type="checkbox"/>	
1 IGC	2 UTP	3 INDICASAT	4 FIUP	5 Empresa Privada

Tabla 12: Capacidades técnicas institucionales para el desarrollo geotérmico

Como se puede observar en la (Tabla 12), en las diferentes instituciones panameñas existen capacidades que pueden reorientarse hacia los estudios básicos de geotermia incluyendo sensores remotos, hidrogeología y geofísica superficial. Los estudios avanzados que incluyen análisis específicos de geotermia como la geoquímica de gases, requieren la compra de servicios internacionales/regionales o inversión.

VII. Programas de educación e investigación en Geotermia

A nivel nacional, existen varios centros de educación superior que ofrecen programas de pregrado y posgrado en el área de energías renovables y geología (Tabla 13).

La Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) en Veraguas tiene capacidad e interés en realizar estudios superficiales. En base de su capacidad en el monitoreo de aguas, el Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología de Panamá (INDICASAT) tiene una capacidad importante en la parte geoquímica, incluyendo espectrometría de masas e instrumentación analítica. Sin embargo, se requiere una adaptación hacia la geotermia. Una capacidad importante para estudios de la primera etapa de la exploración geotérmica ofrece el Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, que realiza investigaciones relacionadas con el monitoreo sísmico a nivel nacional o provincial. Otras áreas de investigación incluyen la Geología, Geofísica, Geomorfología, Vulcanología, Hidrología y Sistemas de Información Geográfica (SIG), todos temas que por el momento no se realizan con un enfoque geotérmico, pero se puede aprovechar de ello.

Se deberían incrementar las asignaturas relacionadas a la geotermia y crear cooperación con universidades de la región para mejorar las diferentes áreas técnico científicas y métodos específicos de exploración y explotación geotérmica.

Institución	Programa de educación
Universidad Latina de Panamá	<ul style="list-style-type: none"> • Licenciatura en Ingeniería Ambiental y Energías Renovables. 12 cuatrimestres. 4 créditos energía geotérmica. • Licenciatura en Ingeniería en Geociencias. 12 cuatrimestres.
Universidad de Panamá (UP)	<ul style="list-style-type: none"> • Licenciatura en Ingeniería Geológica. 12 cuatrimestres.
Universidad Tecnológica de Panamá (UTP)	<ul style="list-style-type: none"> • Licenciatura en Ingeniería Geológica. 13 cuatrimestres.

Tabla 13: Programas de educación e investigación en geotermia

VIII. Desafíos y oportunidades

Desafíos

Exploración del Recurso Geotérmico

Existen entidades académicas que podrían participar activamente en la exploración de los recursos geotérmicos, pero no existe un estímulo al respecto. La promoción y el incentivo de mejorar la información para la toma de decisión podría expresarse en un memorando de entendimiento con las academias del país y/o el INDICASAT.

Proyectos de Uso Directo pueden aprovecharse de las revisiones jurídicas actuales, pero se requieren actividades para la actualización de información sobre los potenciales del recurso geotérmico en el país (actualización de inventarios).

La disponibilidad de nuevos conocimientos podría fomentarse con proyectos piloto que generen nuevas oportunidades de negocios. Panamá carece de la tecnología específica para la exploración y explotación de recursos geotérmicos. Esto crea una dependencia de empresas regionales para realizar este tipo de estudios.

La información sobre el estado de reconocimiento y exploración de las catorce áreas de interés geotérmico es escasa. Para poder analizar el potencial de aprovechamiento y una decisión a favor de la geotermia, las instituciones dependen de este tipo de información para poder orientar una política a favor del aprovechamiento.

La capacidad técnica para generar nueva información en las entidades públicas del sector energético es limitada. Para superar la situación, debe aprovecharse de la capacidad académica existente. Se podría llegar a un acuerdo entre autoridades y academia, en un primer paso para la actualización y manejo continuo del inventario geotérmico del país.

Institucionales / Políticas

Aunque el marco regulatorio y los planes energéticos apuntan a una necesidad de inversión en soluciones energéticas nuevas, el aprovechamiento del recurso geotérmico disponible en el país y la incorporación de plantas de generación de energía eléctrica en la matriz energética nacional, como fuente de energía renovable y sostenible, tanto como el Uso Directo estratégico no forma parte de ningún plan energético reciente. Si el gobierno tiene interés en evaluar más a profundidad los potenciales de uso geotérmico en todas sus perspectivas, se debe invertir en esto, partiendo de la consideración de este recurso en la planificación estratégica del sector energético ambiental.

Las opciones de Uso Directo en Panamá no son muy populares como aplicaciones en el sector energético, como tampoco a nivel de usuario. Como en los demás países miembros del SICA, se requiere una estrategia de divulgación de conocimientos sobre las tecnologías para la generación eléctrica con base en la geotermia, así como sus posibilidades de aplicación directa en el sector productivo. En este sentido, es necesario incentivar a las universidades, los colegios técnicos y los institutos en general para incluir la temática de geotermia en sus planes de estudio y crear capacidades en las instituciones relevantes de toma de decisión, tanto en el sector energético como en el ambiental. Para esto, se podrían desarrollar programas de extensión rural inclusivos focalizados en las poblaciones locales y promover y crear incentivos para emprendimientos sociales vinculados a la energía geotérmica.

Los documentos jurídicos bajo revisión por la SNE, pueden aportar importantemente al desarrollo y fomento de la geotermia para el Uso Directo.

Socioambientales

La conflictividad social que ha estado presente en el proceso de investigación y planificación de desarrollo de campos geotérmicos es una barrera para la inversión. Se requiere una estrategia de comunicación local para disminuir el riesgo a los desarrollos geotérmicos. Los proyectos de Uso Directo pueden jugar un rol importante para esto, considerando proyectos de participación ciudadana y aprovechamiento local.

Oportunidades

Exploración del Recurso Geotérmico

Por ley, durante las perforaciones de pozos de agua se están levantando datos importantes sobre la química de las aguas y la columna litoestratigráfica. Estos datos pueden ser relevantes para la actualización del inventario geotérmico.

Institucionales / Políticas

Una ventaja importante de Panamá es que el aprovechamiento calórico del subsuelo está

regulado y se da el incentivo, que para obtener el permiso de funcionamiento para una empresa que aplique el calor geotérmico a usos industriales, solo se requiere un estudio de Impacto Ambiental. Con esto, Panamá ha reducido una barrera importante para el aprovechamiento alternativo de la geotermia.

El país no cuenta con políticas u objetivos específicos para la promoción y aprovechamiento de la energía geotérmica. Sin embargo, esta fuente de energía se podría beneficiar de incentivos generales a las energías renovables. La Ley 45 de energías renovables incluye incentivos que aplican también a proyectos geotérmicos, no obstante, estos se dirigen más a proyectos de Generación Eléctrica que para proyectos de Uso Directo.

Panamá es el único país que cuenta con un marco regulatorio parcial para el aprovechamiento de aguas termales para Uso Directo, lo cual crea un control en el uso adecuado y sostenible de los recursos. Promocionando esto, también puede dar paso a crear el inventario nacional de sitios geotérmicos actualizado y realización de nuevas investigación y estudio técnico científicos que logren impulsar el desarrollo geotérmico en el país.

IX. Referencias

Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP). (2012). Resolución AN No.5558 “Procedimiento para Otorgar Concesiones de Generación Hidroeléctrica y Geotermoeléctrica. Ciudad de Panamá.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). Estadísticas del subsector eléctrico de los países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), 2019 y avances a 2020, (LC/MEX/TS.2021/14). Ciudad de México. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47019-estadisticas-subsector-electrico-paises-sistema-la-integracion-centroamericana> Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA). (2018). Potencial Geotérmico. ETESA. Ciudad de Panamá.

Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura (JTIA). (2019).Reglamento de Edificación Sostenible (RES) de Panama. Resolución No. 035. Ciudad de Panamá.

Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). (1987). Informe final del estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la república de Panamá. Quito. <https://fdo-cuments.mx/document/informe-final-del-estudio-de-reconocimiento-de-los-ver-referencia-en-el-informe.html?page=1>

Rivas, S. (2017). Informe final sobre Diagnóstico del Clima de Negocio para el Desarrollo de Proyectos Geotérmicos en Panamá. Informe presentado a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Secretaría Nacional de Energía (SNE). (2015). Plan Energético Nacional 2015-2050. “Panamá el Futuro que queremos.” Ciudad de Panamá.

Secretaría Nacional de Energía (SNE). (2016). Guía de Construcción Sostenible para el Ahorro de Energía en Edificaciones. Resolución No. 3142. Ciudad de Panamá

Secretaría Nacional de Energía (SNE). (2016). El Mercado Eléctrico de la República de Panamá. Al 31 de diciembre. Ciudad de Panamá.

World Bank (WB). (2017). Doing Business 2017. Equal Opportunity for All. Washington DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25191>

World Economic Forum. (2017). Global Energy Architecture Performance Index Report 2017. Geneva, Switzerland. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Energy_Architecture_Performance_Index_2017.pdf

World Economic Forum. (2017). The Global Competitiveness Report 2017–2018. <https://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017%E2%80%932018.pdf>

310000

315000

320000

SAS

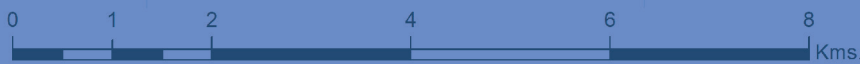
MUN. CONSTANZA



ESTADO DE LA GEOTERMIA EN REPÚBLICA DOMINICANA

S

MUN. PERALTA



Escala 1:50,000

MUN. EST

310000

315000

320000

I. Antecedentes

La República Dominicana, es parte de la Isla La Española y geológicamente se sitúa en el borde septentrional de la placa Caribe que a su vez está separada de la placa Norteamericana por una falla transformante con desplazamiento sinistral. La República Dominicana es el único país insular miembro del SICA.

Según Pindell (1994), las rocas arco insulares de La Española han sido formadas en la región del actual istmo centroamericano, migrando a su posición actual en el transcurso del Cretácico y el Terciario. Según el mismo autor, la evolución geológica de La Española y del arco de las Antillas, directamente se vincula con el desarrollo histórico de los movimientos de la placa norteamericana y los de la placa suramericana. La subestructura de la República Dominicana consiste esencialmente en un arco insular cretácico a eoceno. Este consta, en las Cordilleras Central, Oriental y Septentrional, de rocas volcánicas e intrusivas, y rocas ofiolíticas y metamórficas asociadas. Aunque tiene una historia volcánica, no existe volcanismo activo en el país.

El primer estudio importante de reconocimiento geotérmico de superficie fue el que la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) confió a la Oficina de Investigación Geológica y Minera francesa (BRGM por sus siglas en francés) en 1980, para identificar zonas de interés geotérmico en la isla La Española, constituida por la República Dominicana y Haití (Varet, 1980). Al final de este estudio, en República Dominicana, se identificaron cuatro zonas con diferente orden de prioridad de interés geotérmico. El eje volcánico Yayas de Viajama - Constanza fue considerado como uno de los únicos donde se podría desarrollar la geotermia de alta temperatura para producir electricidad.

Otro trabajo importante fue el estudio de prefactibilidad de exploración de superficie, realizado en 1983, dentro del marco de un programa de cooperación técnica entre los gobiernos de la República Dominicana y de Italia (ELC, 1984). Tenía como objetivo principal aclarar el arreglo geológico del área, verificar la existencia de las condiciones básicas necesarias para la formación de sistemas geotérmicos y seleccionar zonas de interés prioritario. Las investigaciones geo científicas realizadas durante este estudio confirmaron el interés geotérmico del área Yayas de Viajama Constanza.

Toda la faja que se extiende entre el pueblo de Yayas al SO y el pueblo de Constanza al NE está caracterizada por una ancha anomalía térmica, reflejada en superficie por manifestaciones volcánicas de edad Plio-cuaternaria y por manantiales termales. La fase de exploración regional, llevada a cabo sobre una superficie de 3,500 km², reveló una clara migración del volcanismo en sentido NE, donde productos lávicos han sido fechados a 0,3 Ma. En esta misma dirección, se observaron las máximas concentraciones en el suelo de

mercurio y radón, elementos de fuga indicadores de permeabilidad vertical y actividad geotérmica en el subsuelo. En 2017, la BRGM realizó el estudio científico más reciente referente a los recursos geotérmicos del país, en su “Evaluación del potencial geotérmico de República Dominicana”. Este estudio se efectuó con la estrecha colaboración del MEM y del SGN. Los resultados propiciaron actividades actuales del SGN en el municipio Guayabal con el objetivo de identificar el potencial de uso de los recursos geotérmicos a nivel local.

Según los estudios mencionados, República Dominicana tiene un potencial geotérmico limitado y con mayor énfasis en los usos directos. Para evaluar oportunidades referentes y crear capacidades técnicas, desde 2017 el gobierno de la República Dominicana forma parte en dos proyectos de la Cooperación Alemana (GIZ y BGR) para el fomento de la geotermia en la región SICA.

II. Matriz energética nacional y prospectiva

Hasta el presente, en la matriz energética (Gráfico 36) ni en la matriz eléctrica (Gráfico 37) de la República Dominicana la geotermia no tiene representación. El recurso energético de mayor consumo a nivel nacional es la leña como fuente de calor, con una representación del 48%, así como también la biomasa agrícola, la cual representa una participación considerable como recurso energético con un 28%. Los combustibles fósiles aportan el 21% de la energía a nivel nacional.

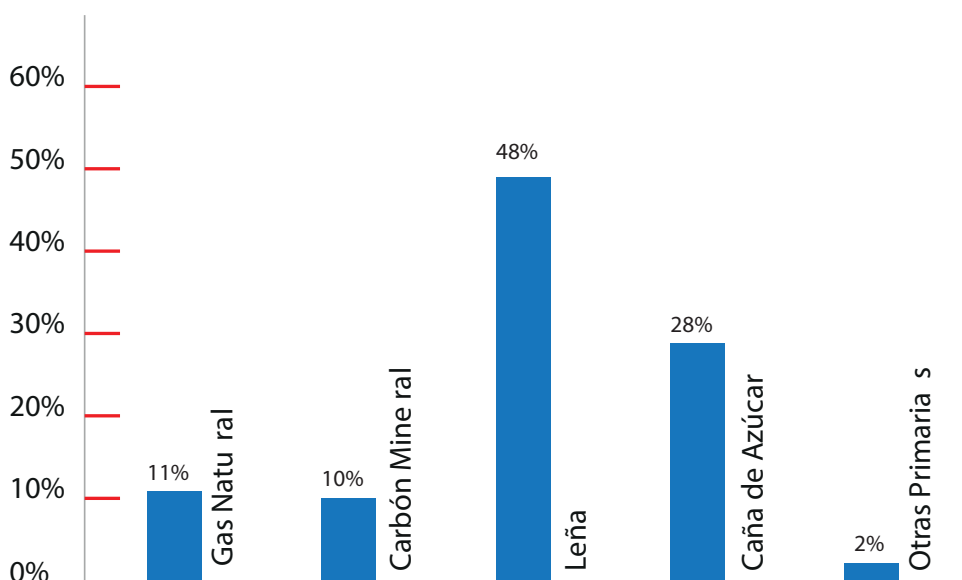


Gráfico 36: Matriz Energética Nacional, (Elaboración propia según SIELAC, 2019.)

En el Subsector Eléctrico (Gráfico 37), la predominancia de los recursos fósiles con una participación del 86% es notorio.

Según estas evaluaciones, la República Dominicana depende más que la mayoría de los otros países miembros del SICA de las energías fósiles. La energía geotérmica, por su potencial

en el área de usos directos, podría considerarse para la sustitución o para el aporte a la reducción de los consumos de dichas fuentes energéticas.

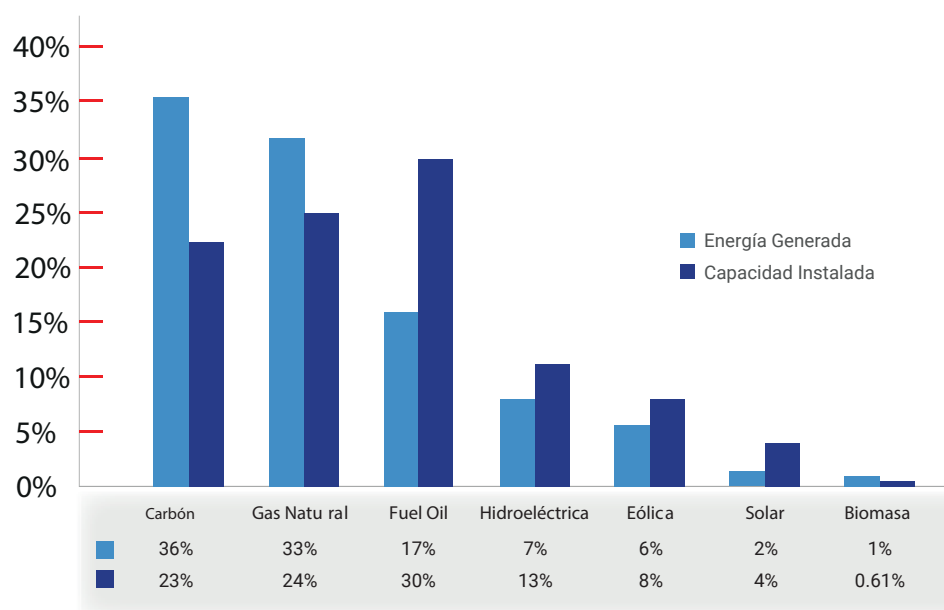


Gráfico 37: Matriz Eléctrica Nacional, (Elaboración propia según información del OC-SENI, 2020)

Según el balance energético nacional 2020, el sector de mayor consumo de energía en la República Dominicana es el transporte con un 48%, en el cual el uso geotérmico no tendrá potencial de impacto.

III. Políticas públicas y marco regulatorio

En la República Dominicana, el desarrollo de proyectos geotérmicos futuros se manejaría a través de inversión pública - privada. Administrativamente se vincula a la Ley No. 57-07, sobre incentivo al desarrollo de las energías renovables, sus regímenes especiales y su reglamento de aplicación. Tiene la visión de generar un aumento a la diversidad energética en el país en cuanto a la capacidad de autoabastecimiento de los insumos estratégicos, así como también reducir la dependencia de los combustibles fósiles importados, mitigar los impactos ambientales negativos de las operaciones energéticas con combustibles fósiles y por ello propiciar la inversión social comunitaria en proyectos de energías renovables.

La Estrategia Nacional de Desarrollo 2030 se establece a través de la Ley No. 1-12 y pretende el desarrollo de una economía sostenible, integradora y competitiva, así como también disponer de energía confiable, eficiente y ambientalmente sostenible. Un fin es el fomento de la descarbonización de la economía nacional a través del uso de fuentes renovables de energía si bien la energía geotérmica no está mencionada en dicha estrategia.

IV. Estructura Institucional para el desarrollo de la Geotermia

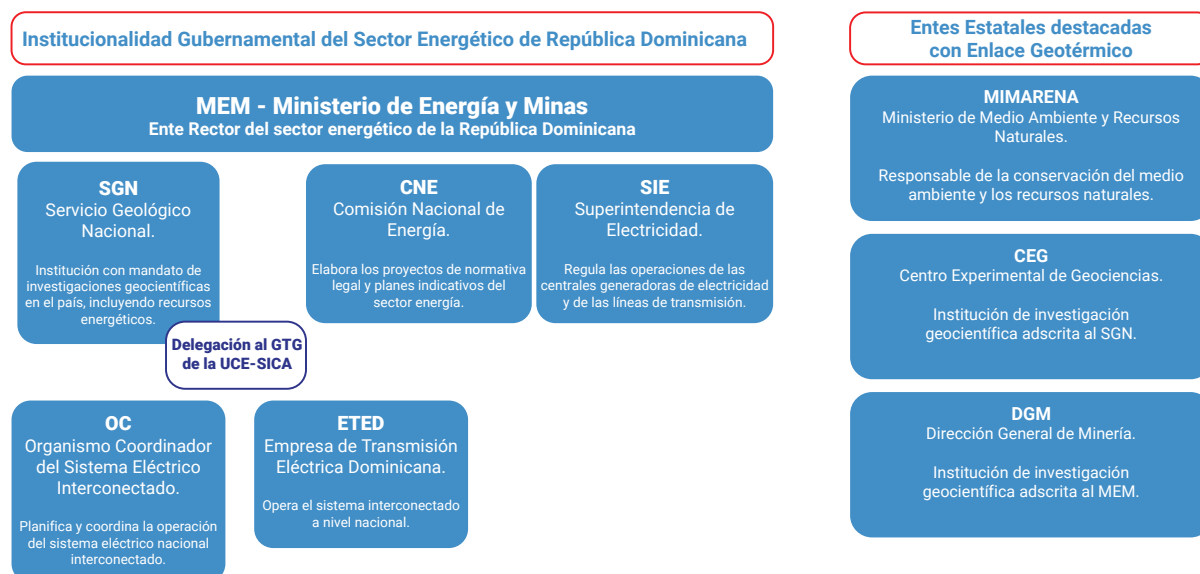


Gráfico 38: Visualización del sector energético estatal relevante para la geotermia del país

Por medio de La Ley No. 100-13, en Julio del 2013, se crea el Ministerio de Energía y Minas (MEM) como entidad rectora del sector energético nacional y encargado de la formulación y administración de la política energética y de minería metálica y no metálica nacional. Tiene sus mandatos en la formulación, la adopción, el seguimiento, la evaluación y el control de las políticas, estrategias estatales, planes generales, programas, proyectos y servicios relativos al sector energético y sus subsectores de energía eléctrica; esto incluye el desarrollo de fuentes alternas de energía. De estas funciones se pueden derivar responsabilidades en la evaluación de las fuentes de energía geotérmica, tanto para el Uso Directo como para la generación eléctrica. Desde 2010, la República Dominicana cuenta con el Servicio Geológico Nacional (SGN), adscrito al MEM como un órgano responsable de producir información confiable sobre las características geológicas básicas del territorio nacional y de los procesos que condicionan su formación. Tiene como funciones: ejecutar la cartografía geológica nacional a escala 1:50,000, evaluar los recursos geológicos (mineros, hídricos, energéticos entre los cuales se encuentra la geotermia) y asegurar su integración en bases de datos georreferenciadas. Se realizan estudios e investigaciones sectoriales que ayuden a paliar el deterioro medio ambiental, la correcta planificación territorial y la sostenibilidad de sus recursos naturales.

Adicionalmente, corresponde al SGN el ejercicio de atribuciones en las actividades relacionadas con las ciencias de la tierra y ciencias geoambientales. El SGN desde su creación formó parte de los estudios geotérmicos que fueron realizados en el país y es delegado como representante del país al Grupo Técnico de Geociencias (GTG) del SICA.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA) es responsable de la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales, asegurando su uso sostenible y estaría involucrado en los permisos y licencias emitidos para cualquier desarrollo geotérmico.

V. Inventario de los Recursos Geotérmicos

La República Dominicana tiene inventariado 20 manifestaciones hidrotermales y 5 áreas de interés geotérmico. En cooperación con la BGRM, en 2017 se identificaron 5 áreas principales de interés: Canoa, Constanza, Magueyal, Guayabal y San José de las Matas. Todas estas áreas se relacionan más bien a fuentes hidrotermales, dominadas por acuíferos profundos (Mapa 10).

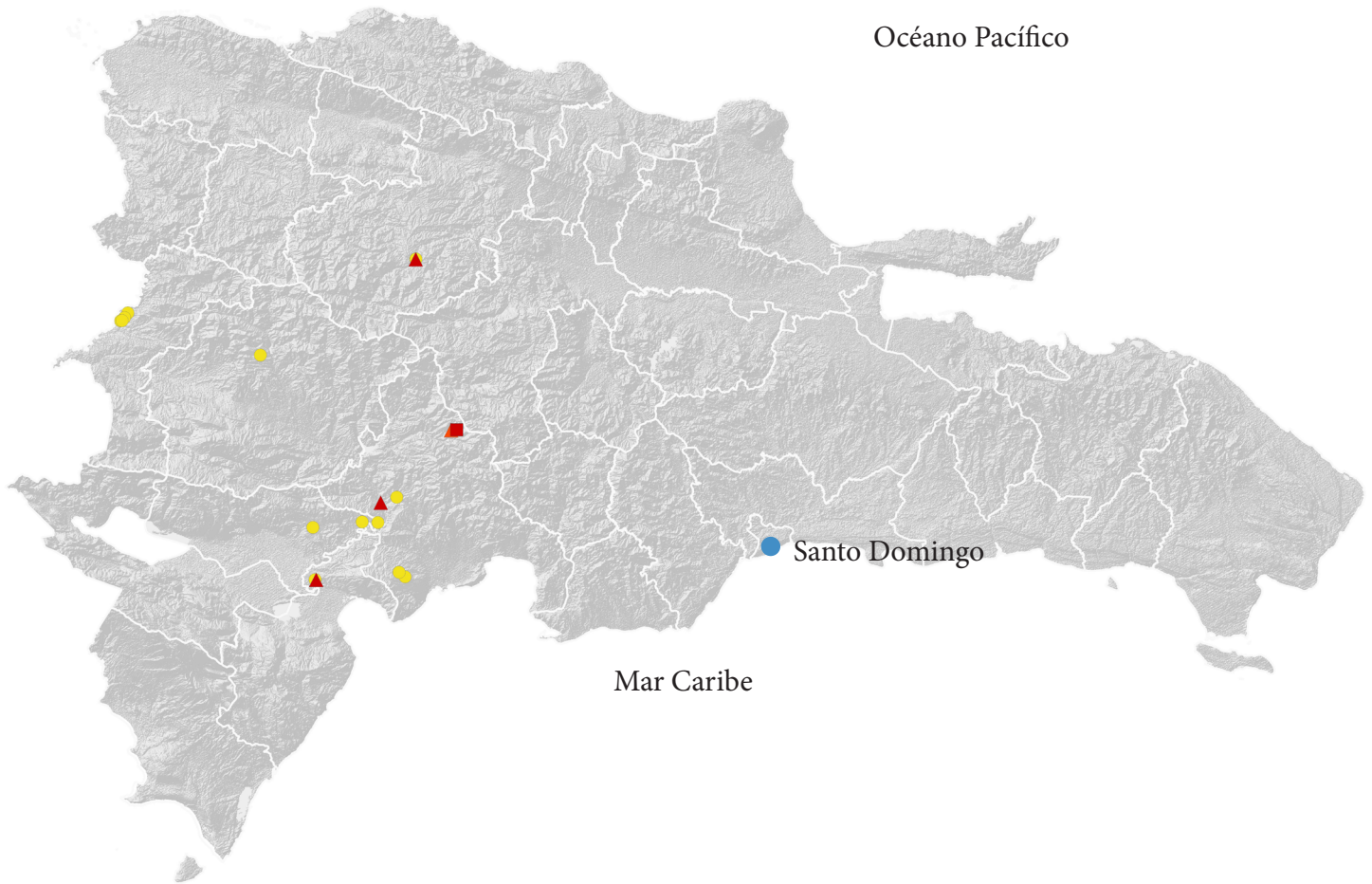
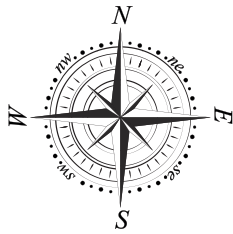
Aún así, el uso de la energía geotérmica en la República Dominicana se limita en la actualidad a la balneología e hidroterapia, usando los recursos hidrotermales de forma recreativa. El único intento de caracterizar uno de los recursos geotérmicos profundos al nivel local, fue una perforación exploratoria de un pozo de 200 m de profundidad realizado en 1980 en la zona de Constanza Valle Nuevo.

Desde 2020, se están realizando estudios geocientíficos en el marco del Proyecto “Identificación de los Recursos de Energía Geotérmica para el Desarrollo Local en Centroamérica” (Yacimientos II), con el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania (BGR) en el área de interés Guayabal, distrito municipal de Padre las Casas, provincia Azua, incluyendo el potencial litológico para la implementación de bombas de calor a corto o mediano plazo y mejorar la información sobre la fuente hidrotermal existente en el municipio.

VI. Capacidad técnica para la exploración geotérmica

Debido a la ausencia de desarrollos geotérmicos en el país hasta el momento, las capacidades técnicas a nivel nacional son limitadas. No obstante, la República Dominicana tiene uno de los pocos servicios geológicos (el SGN) de la región, que inclusive formó parte en los estudios históricos sobre los recursos geotérmicos del país. En base de la existencia del SGN, con mandatos para generar información geológica a nivel nacional, hay una entidad para el manejo de información sobre los recursos.

La Universidad Tecnológica del Cibao Oriental de la República Dominicana (UTECO) tiene una carrera geológica y un eje de investigación de energía e innovación, a través del cual se pudieran implementar grupos de investigación para geotermia, sin embargo, en la actualidad no hay una infraestructura creada para investigación relacionada.



Simbología

Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica

■ Proyectos en Operación

■ Sitios de Exploración

■ Sitios en Reconocimiento

Proyectos Geotérmicos de Uso Directo

▲ Proyectos en Operación

▲ Sitios en Reconocimiento

Manifestaciones Geotermiales

● Manifestaciones Geotermiales

Mapa 10: Localización de las fuentes hidrotermales en República Dominicana, (Elaboración propia Según BRGM-MEM-SGN, 2017)

En el año 2021, se creó el Centro Experimental de Geociencias (CEG), una cooperación entre el SGN y la UTECO, la cual tiene previsto incluir en sus programas un eje geotérmico. Además, en el SGN existen geofísicos, geólogos, ingenieros civiles y ambientales con experiencia en el desarrollo de proyectos de otros sectores, cuyas capacidades pueden ser utilizadas en la exploración geotérmica y quienes pueden liderar actividades al futuro.

A parte de las instituciones presentes, no existe la infraestructura básica que se requiere para estudios geotérmicos, inclusive superficiales en el país:

Sensores remotos	Geología	Geoquímica	Geofísica	Perforaciones
Procesamiento de imágenes multispectrales, lidar, radar. (1) <input checked="" type="checkbox"/>	Cartografía litoestratigráfica y estructural (1) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis químico de Aguas Termales (3,4,5,6) <input checked="" type="checkbox"/>	Potencial espontáneo (1) <input checked="" type="checkbox"/>	Perforación de pozos someros gradiente, "Slim holes" (6) <input checked="" type="checkbox"/>
Levantamiento termal y fotogrametría DEM. Dron-UAV <input type="checkbox"/>	Análisis Petrográfico Básico <input type="checkbox"/>	Análisis de Gases Termales <input type="checkbox"/>	Magnetometría (6) <input checked="" type="checkbox"/>	Perforación de pozos exploratorios geotérmicos (6) <input checked="" type="checkbox"/>
Mapeo de lineamientos (1) <input checked="" type="checkbox"/>	Mapeo e inventario de manifestaciones termales (1) <input checked="" type="checkbox"/>	Geotermometría (6) <input checked="" type="checkbox"/>	Gravimetría (6) <input checked="" type="checkbox"/>	
	Medición de temperatura del suelo (6) <input checked="" type="checkbox"/>	Química Hidrológica en fase líquida (3,4,5,6) <input checked="" type="checkbox"/>	Métodos de Corriente Directa (6) <input checked="" type="checkbox"/>	
	Hidrogeología (1,3,4,5,6) <input checked="" type="checkbox"/>	Análisis de Isótopos (6) <input checked="" type="checkbox"/>	(MT / TEM) (6) <input checked="" type="checkbox"/>	
			Sismicidad (1,6) <input checked="" type="checkbox"/>	
1 SGN 2 MEM 3 INDRHI 4 INAPA 5 CAASD 6 Empresa Privada				

Tabla 14: Capacidades técnicas institucionales para el desarrollo geotérmico

En la parte de geoquímica, las instituciones estatales no cuentan con infraestructura instalada relevante. Laboratorios privados pueden realizar análisis hidrológicos básicos, pero a alto costo. No hay laboratorios geológicos, pero existen servicios de análisis de suelo y materiales, los cuales pueden considerarse para obtener información sobre algunos parámetros litológicos. En la parte de geofísica se cuenta con un equipo de Potencial Espontáneo en el SGN que se construyó en 2021. En el sector privado existe la capacidad relevante para la geotermia a través de estudios geoeléctricos, resistividad, refracción sísmica y análisis georadar. Además, hay empresas que pueden perforar pozos someros, pero no hay experiencia de perforación geotérmica.

VII. Programas de educación e investigación en Geotermia

En el país existen varios centros de educación superior que ofrecen programas de pregrado y posgrado en el área de energías renovables y geociencias reconocidos localmente. En la parte geológica, el enfoque académico va hacia minería e hidrogeología, los conocimientos y experiencias en estas ramas podrían aplicarse a la geotermia. No existen programas especializados en geotermia, ni docentes especializados en los métodos de exploración y explotación geotérmica. Al respecto, se observa una necesidad de cooperación académica con facultades especializadas en geotermia a nivel internacional que pueden transferir conocimiento y prestar servicios de docencia por ejemplo a través de programas de intercambio (Tabla 15).

Institución	Programa de educación
Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM)	Maestría en Energías Renovables. Doble titulación con la Escuela de Organización Industrial (EOI), España, (4 periodos académicos)
Instituto Tecnológico de Las Américas (ITLA)	Tecnólogo en Energías Renovables (400 horas)
Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)	Ingeniería de Energía (comprende la aplicación de matemáticas, física, eléctrica, química, economía y medio ambiente para desarrollar fuentes de energía más eficientes y sostenibles, mejorar la operación de los edificios y los procesos de producción). Créditos a cursar en INTEC 117, créditos en PENN STATE 76. Maestría en Tecnología de Energía Renovable (CBE) Versión 03. Créditos profesionales 66.
Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO)	Ingeniería en Geología (10 trimestres, 159 créditos). El SGN ha firmado un convenio de colaboración con la UTECO que incluye la geotermia como materia del programa de clases de la carrera en Ingeniería Geológica

Tabla 15: Programas de educación en Energía Renovable y Geología.

VIII. Desafíos y oportunidades

Desafíos

Exploración del Recurso Geotérmico

La República Dominicana, aunque ha estudiado sus recursos geotérmicos en varias etapas de las últimas cuatro décadas, no ha avanzado en el desarrollo geotérmico. Una limitante en el país es la ausencia de vulcanismo activo que reduce el potencial geotérmico.

Para adquirir más información sobre las oportunidades de los recursos geotérmicos existentes, considerando avances tecnológicos en la parte de aplicación, se requiere de fortalecimiento de capacidades en términos de formación de expertos en todas las áreas relevantes para la exploración y explotación geotérmica, crear programas especializados en geotermia y capacitar docentes en los métodos de exploración y explotación geotérmica. Para ello, se requiere un esfuerzo de inversión gubernamental en el equipamiento y los recursos humanos en las instituciones operativas (SGN, UTECO, Centro Experimental de Geociencias CEG).

Es necesaria la creación de fondos estatales para poder avanzar en los estudios del potencial geotérmico en la República Dominicana. Uno de los puntos de salidas básicas para la exploración geotérmica son estudios geoquímicos. Hasta el presente no se pueden realizar los análisis y muestreos necesarios en el país. Se requiere la inversión en equipamiento de laboratorios o la contratación de servicios para poder desarrollar capacidades al respecto.

El SGN debe planificar el desarrollo de información actualizada y estructurada sobre los recursos geotérmicos del país, incluyendo sitios para la aplicación de bombas de calor geotérmico, colaborando con el MEM y UTECO.

Institucionales / Políticas

Se requiere el desarrollo de regulaciones y la implementación de procesos estandarizados para proyectos geotérmicos, incluyendo gestión del estado, el monitoreo de los recursos, el otorgamiento de permisos y/o autorizaciones de concesiones de recursos geotérmicos y la aplicación de incentivos específicos.

Debido a la importancia de conocimiento y gestión local, es importante dar un rol a las unidades ambientales de las autoridades locales, para esto deberían asignarse fondos.

Las instituciones académicas y técnicas de la República Dominicana requieren más representación en los grupos de investigación a nivel internacional con temas de geotermia. Es necesario realizar una promoción de geotermia en las escuelas agrícolas a nivel municipal en áreas relevantes.

Socioambientales

Se requiere establecer procesos de involucramiento de la comunidad, demostrando los beneficios integrales de la geotermia a nivel local, con el objetivo de reducir la oposición social y ambiental para el desarrollo de la geotermia en la República Dominicana, y también entendiendo la población como inversionistas potenciales.

Oportunidades

Exploración del Recurso Geotérmico

Existen una cantidad de publicaciones referente a los recursos geotérmicos del país, incluyendo un inventario como punto de partida para proyectos geotérmicos.

Por parte del gobierno y en el sector privado hay expertos para la exploración geocientífica a nivel nacional, equipados con algunos instrumentos y métodos adecuados disponibles.

El Centro Experimental de Geociencias (CEG) tiene previsto incluir en sus programas un eje de exploración geotérmica.

La República Dominicana cuenta con un mapeo geológico escala 1:50,000 que sirve para trabajos iniciales en la exploración geotérmica y dispone de las capacidades de personal en las áreas informáticas y Sistemas de Información Geográfica, que puede facilitar la actualización y supervisión de la información técnica sobre los recursos geotérmicos del país.

El SGN ha firmado un convenio de colaboración con la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), considerando que la geotermia puede ser incluida como materia del programa de clases de la carrera en Ingeniería Geológica.

Se está llevando a cabo el primer proyecto piloto nacional sobre usos directos del calor geotérmico, liderado por el SGN, con involucramiento del MEM, la Alcaldía Municipal de Guayabal y las Asociaciones de Agricultores del municipio de Guayabal. Generarán experiencias y lecciones aprendidas que pueden replicarse en otras áreas de interés del país.

Institucionales / Políticas

La República Dominicana tiene uno de los pocos Servicios Geológicos Nacionales de la región. Con el SGN existe una institución con capacidades y actividades en la exploración geoquímica y geofísica que tiene por su naturaleza una función en la exploración geotérmica. Como es delegado al GTG tiene acceso a la expertis regional del SICA.

La creación del Centro Experimental de Geociencias (CEG) puede constituir un impulso para actividades de investigación colaborativa en el sector geotérmico de la República Dominicana, iniciando con un inventario nacional actualizado. El desarrollo de proyectos piloto para usos directos en las zonas que se han identificado de interés geotérmicos podría ser otro enfoque del CEG.

Considerando la existencia de investigación en varias áreas relevantes para la geotermia, cooperaciones inter académicos e institucionales podrían resultar en el desarrollo de proyectos de investigación geotérmica.

The background is a solid dark blue color. It features several faint, light blue geometric and technical patterns. On the left, there is a large circular shape with a radial pattern of lines extending from its center. In the center, there is a vertical stack of horizontal bars of varying lengths, resembling a bar chart or a data visualization. On the right, there is a vertical axis with several horizontal tick marks, also resembling a data visualization. At the bottom right, there is another circular shape with a radial pattern, similar to the one on the left. The overall aesthetic is clean, modern, and technical.

ANEXOS



Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica / EL SALVADOR

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Geociencias				
Yacimientos Geotérmicos conocidos (estudios existentes)	Reportes Anuales de la Concesionaria Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones SIGET) www.siget.gob.sv	LaGeo 2000-2018	Si cada año	Información Campo-Planta y Estudios Geocientíficos
Geotermia Profunda	Reportes Anuales de la Concesionaria Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones SIGET) www.siget.gob.sv	LaGeo 2000-2018	Si cada año	Información Campo-Planta y Estudios Geocientíficos
Manifestaciones Superficiales	Reportes Anuales de la Concesionaria Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones SIGET) www.siget.gob.sv	LaGeo 2000-2018	Si cada año	Información Campo-Planta y Estudios Geocientíficos
Necesidades de Exploración	Ver Formato Actualización Geotermia GTG SICA ES.doc Inventario Geotérmico Nacional Recursos Geotérmicos en El Salvador, LaGeo 2010.	LaGeo 2010	Con nueva información	Información Manifestaciones Superficiales - Pozos y Sistema Geotérmico. Incluye análisis potencial (Monte Carlo)
	Unlocking Geothermal Power How the Eastern Caribbean could become a geothermal powerhouse	IDB 2017. https://publications.iadb.org/en/unlocking-geothermal-power-how-eastern-caribbean-could-become-geothermal-powerhouse	Si	Presenta misma información de T. Campos 1987. Necesario reevaluar el potencial de los recursos.
	The Project for Master Plan for the Development of Renewable Energy in The Republic of El Salvador	Japan International Coopeartion Agency 2012	Si	Presenta misma información de T. Campos 1987. Necesario reevaluar el potencial de los recursos.
	Estado Actual y Desarrollo de los Recursos Geotérmicos en Centroamérica.	IILA – Istituto Italo-Latino Americano, Cuadernos IILA. Nueva Serie Técnico-Científica n. 5, 2009-2010.	Si	Información Potencial Geotérmico; descripción de campos en explotación y exploración al 2008-2009.
	The Geothermal Energy Industry of El Salvador	By Janelle Kenty-Joan Prevost Harvard University John F. Kennedy School of Government Term Paper - ESD.166J Sustainable Energy Spring 2004	Si	La Industria Geotérmica en El Salvador incluye descripción de los recursos geotérmicos y retos para el desarrollo, aspectos técnicos, socio-políticos y ambientales. Información al 2002-03.
	Geothermal Resources in Latin America and the Caribbean.	Battocletti, Liz, Bob Lawrence, and Associates. Livermore and Washington, DC: Sandia National Laboratory and the United States Department of Energy, Office of Geothermal Technologies.1999	Si	Descripción bastante completa de los campos en explotación y recursos geotérmicos de El Salvador, y marco regulatorio en los 90's.
	"The Geothermal Resources of El Salvador: Characteristics and Preliminary Assessment"	T. Campos. United Nations Workshop on the Development and Exploitation of Geothermal Energy in Developing Countries, Pisa, Italy, 1987	Si	Inventario y Evaluación Inicial Potencial Geotérmico en El Salvador

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Economía/ Inversión				
Mercado Geotérmico y Potencial	Ver Formato Actualización Geotermia GTG SICA ES.doc . *Propuesta metodológica para elaboración de normativa técnica ambiental y social para desarrollo sostenible de proyectos de geotérmicos de alta y baja entalpía en El Salvador con fines de aprovechamiento de energía térmica y eléctrica". **Análisis del clima de inversión existente en El Salvador para aprovechar los recursos geotérmicos e identificación estructurada y objetiva de las condiciones que impiden o limitan en general el aprovechamiento de los recursos geotérmicos *** Registro de empresas que hacen uso directo de recursos geotérmicos de baja y media entalpía y recopilación de información sobre características técnicas y económicas de los mismos en El Salvador.	*Ana María González de Menjivar, "Diplomado de Especialización en Geotermia, Edición 2013" Universidad de El Salvador. **Consultora: Ana Cecilia Solís Zepeda Con apoyo del Programa Fomento de la Geotermia en Centroamérica Programa 4E. Cooperación Alemana Internacional para el Desarrollo, GLZ. junio/ 2013 a junio/2016." *** Consultor: Benjamín Monge, Noviembre de 2016.	Seguimiento	*Presenta alternativas y recomendaciones para desarrollar una propuesta metodológica para la elaboración de una normativa que integre aspectos técnicos, ambientales y sociales para proyectos geotérmicos. **Investigación y análisis del clima de inversión existente en el país para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos en sus diferentes alternativas; las condiciones del entorno institucional, político y regulatorio del país en el que invierten y operan las empresas en El Salvador. *** Investigación realizada para la valoración y cuantificación del recurso geotérmico de media y baja entalpía, producto de entrevistas con diferentes personas relacionadas con la utilización del recurso con fines de generación eléctrica y otros usos.
Actores (Potenciales) en Geotermia	Ver Formato Actualización Geotermia GTG SICA ES.doc . *Propuesta metodológica para elaboración de normativa técnica ambiental y social para desarrollo sostenible de proyectos de geotérmicos de alta y baja entalpía en El Salvador con fines de aprovechamiento de energía térmica y eléctrica". ** Análisis del clima de inversión existente en El Salvador para aprovechar los recursos geotérmicos e identificación estructurada y objetiva de las condiciones que impiden o limitan en general el aprovechamiento de los recursos geotérmicos *** Registro de empresas que hacen uso directo de recursos geotérmicos de baja y media entalpía y recopilación de información sobre características técnicas y económicas de los mismos en El Salvador.	*Ana María González de Menjivar, "Diplomado de Especialización en Geotermia, Edición 2013" Universidad de El Salvador. **Consultora: Ana Cecilia Solís Zepeda Con apoyo del Programa Fomento de la Geotermia en Centroamérica Programa 4E. Cooperación Alemana Internacional para el Desarrollo, GLZ. junio/ 2013 a junio/2016." *** Consultor: Benjamín Monge, Noviembre de 2016.	Seguimiento	*Presenta alternativas y recomendaciones para desarrollar una propuesta metodológica para la elaboración de una normativa que integre aspectos técnicos, ambientales y sociales para proyectos geotérmicos. **Investigación y análisis del clima de inversión existente en el país para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos en sus diferentes alternativas; las condiciones del entorno institucional, político y regulatorio del país en el que invierten y operan las empresas en El Salvador. *** Investigación realizada para la valoración y cuantificación del recurso geotérmico de media y baja entalpía, producto de entrevistas con diferentes personas relacionadas con la utilización del recurso con fines de generación eléctrica y otros usos.
Concesiones existentes y su estado	Geothermal Energy Development in Latin America and the Caribbean and the Role of International Development Partners Ver Matriceestado geotermiaporpais ES.xls y Formato Actualización Geotermia GTG SICA ES.doc Contratos de Concesión de Recurso Hidráulico y Geotérmico. https://www.transparencia.gob.sv/instituciones/siget/documents/concesiones-y-autorizaciones . Permisos de Estudio para proyectos hidroeléctricos y geotérmicos.	Marietta Sander, IGA, c/o Bochum University of Applied Sciences, Lennershofstr. 140, 44801 Bochum, Germany. Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne, Australia, 19-25 April 2015		Several development partners are active in the region aiming to assist in geothermal energy development. Project approaches differ depending whether they are conducted in the framework of technical or financial cooperation. Determining factors also include the funding source, multilateral, bilateral, regional bank funding and others. Project approaches are presented and their effectiveness analyzed.

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Economía/ Inversión				
Concesiones existentes y su estado	Ver Matriceestado geotermiaporpais ES.xls y Formato Actualización Geotermia GTG SICA ES.doc Contratos de Concesión de Recurso Hidráulico y Geotérmico. https://www-transparencia.gob.sv/instituciones/siget/documents/concesiones-y-autorizaciones . Permisos de Estudio para proyectos hidroeléctricos y geotérmicos.	SIGET 2018-2019		
Política				
Matriz Energética del País	Balance Energético Nacional Fuente: http://estadisticas.cne.gob.sv/?page_id=182 Autor: Consejo Nacional de Energía. Año: 2010 - 2017	Autor: Consejo Nacional de Energía. Año: 2010 - 2017	Sí	Publicar la más reciente (2018) pero esto se realizará en las próximas semanas
Proyección Energética del País	Estudio de prospectiva de la demanda energética y su suministro 2020 - 2040 Fuente: Consejo Nacional de Energía Autor: Dirección de Planificación, CNE Año: 2019 Nota: Aún no es público	Autor: Dirección de Planificación, CNE Año: 2019 Nota: Aún no es público	No	
Marco Legal/ Político	<p>Política Energética Nacional Fuente: Consejo Nacional de Energía Autor: Consejo Nacional de Energía</p> <p>- Ley General de Electricidad - Reglamento de la Ley General de Electricidad - Ley de incentivos fiscales para la promoción de las energías renovables - Reglamento de la ley de incentivos fiscales para la promoción de energías renovables - Ley reguladora para el otorgamiento de concesiones de proyectos de generación eléctrica en pequeña escala. Fuente: Asamblea Legislativa Autor: Asamblea Legislativa</p> <p>- Normas aplicables al proceso de licitación para el otorgamiento de concesiones de recursos geotérmicos e hidráulicos con fines de generación eléctrica. Fuente: SIGET Autor: SIGET</p>	Sí	Todas necesitan revisión y potencial ajuste para facilitar la incorporación de energía geotérmica no solo para generación de energía eléctrica, sino que también para usos directos de calor.	
Generación Eléctrica	Boletines Estadísticos Anuales Informes Anuales de Operación de campos Geotérmicos a la SIGET Centroamérica: Estadísticas de Producción del Subsector Eléctrico	Unidad de Transacciones (UT) SIGET CEPAL		
Uso directo/ Hydrothermal	Ver Matriceestado geotermiaporpais ES.xls			

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Gobernanza				
Entidades Geotérmicas	Ninguna entidad geotérmica, se tiene a LAGEO como empresa generadora y el CNE como entidad de política energética			
Estrategias del Gobierno ref. a la Geotermia	Aún no se plantea una estrategia formal de gobierno para el desarrollo de la geotermia. Se tiene únicamente las inversiones que realizará LAGEO para la expansión de su capacidad de generación de energía eléctrica			
Capacidades				
Exploración	Ver Formato Actualización Geotermia GTG SICA ES.doc y Matriceestado geotermia-porpais ES.xls			
Desarrollo	Ver Formato Actualización Geotermia GTG SICA ES.doc			
Explotación	Ver Formato Actualización Geotermia GTG SICA ES.doc y Matriceestado geotermia-porpais ES.xls Informes Anuales de Operación de los Campos Geotérmicos de Ahuachapán y Berlín, LaGeo (de acuerdo al contrato de Concesión con la SIGET).	LaGeo cada año	Si por requerimientos contractuales.	Actividades de Operación-Mantenimiento Planta y Campo Geotérmico; Datos e Informes de la Evolución Termodinámica y geocientífica de pozos, instalaciones y manifestaciones superficiales.
Operación y Manejo	Ver Formato Actualización Geotermia GTG SICA ES.doc Informes Anuales de Operación de los Campos Geotérmicos de Ahuachapán y Berlín, LaGeo (de acuerdo al contrato de Concesión con la SIGET).	LaGeo cada año	Si por requerimientos contractuales.	Actividades de Operación-Mantenimiento Planta y Campo Geotérmico; Datos e Informes de la Evolución Termodinámica y geocientífica de pozos, instalaciones y manifestaciones superficiales.
Entrenamiento	Geothermal development in El Salvador and the importance of the contribution of fellows of the UNU-GTP Programme.	Rosa Escobar LaGeo, S.A. de C.V. 40th Anniversary Workshop UNU-GTP April 26 2018.	Seguimiento	The geothermal development in El Salvador has improved and advanced over time, El Salvador currently being a country of reference in Latin America for best practices in geothermal energy.
Se han considerado el Diplomado en Geotermia y otros Workshops relativos donde se ha generado diversas presentaciones y publicaciones.	Diplomado en geotermia para América Latina Edición 2016-2019 UNU-GTP-LaGeo	Universidad de El Salvador/LaGeo cada año http://www.fia.ues.edu.sv/posgrado/diplomados/geotermia.html	Seguimiento	El Diplomado en Geotermia para América Latina tiene una duración de 12 semanas período durante el cual se desarrollan 9 módulos los cuales contienen teoría, prácticas de laboratorio y visitas de campo. Además de estas 12 semanas se asignan al final, 4 semanas para el desarrollo del Proyecto Final en Geotermia. Apoyo del Programa de Entrenamiento Geotérmico de Islandia.
	Programa Regional de Entrenamiento Geotérmico. Diplomado de Especialización en Geotermia. Edición 2013-2015 BID-NDP-CNE-UES- LaGeo	https://www.ndf.fi/sites/ndf-fi/files/news_attach/libro_resumen_diplomado_2013.pdf		Seguimiento

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
<p>Capacidades</p> <p>Se han considerado el Diplomado en Geotermia y otros Workshops relativos donde se ha generado diversas presentaciones y publicaciones.</p>	<p>Programa Regional de Entrenamiento Geotérmico. Diplomado de Especialización en Geotermia. Edición 2010-2012 Cooperación Italiana-UES- LaGeo. PROYECTO CREACION DE UNA ACTIVIDAD DE FORMACION EN GEOTERMIA EN EL SISTEMA ACADEMICO SALVADOREÑO</p> <p>Workshops and Short Couses</p>	<p>Antonio Caprai CNR-IGG May 2012</p> <p>United Nations University UNUGTP - LaGeo 2007-2018</p> <p>International Geothermal Centre (GZB) May 2019 *Bochum - **LaGeo Abril y Julio 2019</p>	<p>Seguimiento</p> <p>Actualización continua</p> <p>Actualización continua</p>	<p>Experiencia significativa de cooperación científica y universitaria en el ámbito de un proyecto de formación en el sector de las energías renovables, y en particular de la geotermia en El Salvador, financiado por el Gobierno Italiano (CNR-IIG). https://www.researchgate.net/publication/308968677_PROYECTO_CREACION_DE_UNA_ACTIVIDAD_DE_FORMACION_EN_GEOTERMIA_EN_EL_SISTEMA_ACADEMICO_SALVADORENO</p> <p>The UNU-GTP has been able to reach a much larger audience through these Short Courses and, furthermore, they have led to a significant cooperation between neighbouring countries both in geothermal project development and in transfer of technology and human resources. Most of the material presented in form of PowerPoint presentations and written papers have been published on CDs and in some cases also in printed proceedings by the UNU-GTP and the cooperating institutions. Publications from annual Short Courses are also available for download under publications.</p> <p>*Capacitación de entrenadores expertos de instituciones centroamericanas para replicar cursos de usos directos y facilitar la divulgación y promoción de estas tecnologías para futuras inversiones. **Módulos de capacitación para aplicación de recursos de baja y mediana entalpía en Centro América.</p>
<p>Desafíos a Resolver</p>	<p>Ver Formato Actualización Geotermia GTG SICA ES.doc (Sánchez 2003, González 2013, Solís 2016, Haebig 2016). *Barreras financieras para las energías renovables en Centroamérica. ** Informe del Taller de socialización de resultados de la Consultoría: Desarrollo de un procedimiento para la evaluación de Estudios de Impacto Ambiental de carácter general, como requisito para la concesión de recursos geotérmicos en El Salvador para proyectos de pequeña escala.</p> <p>El camino del cambio de la matriz energética en El Salvador</p>	<p>*Ismael Antonio Sánchez, Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica, Belize 22 Octubre 2003. www.sgsica.org/energia ** Realizado el 25 de enero de 2018. Informe elaborado por: Biotec, S.A de C.V. Programa Fomento de la Geotermia en Centroamérica.</p> <p>https://www.cne-gob.sv/wp-content/uploads/2017/09/documento-camino-del-cambio-cne-dic2013-ene2014.pdf</p>	<p>Seguimiento</p> <p>Actualización continua</p>	<p>* Comparación Recursos Renovables vrs Recursos Convencionales. Incentivos para desarrollar proyectos de generación con fuentes de energía renovable por parte de empresarios privados. Perfil de proyecto de Energía renovable "Bancable". ** Resultados de Consultoría "Desarrollo de un procedimiento para la evaluación de Estudios de Impacto Ambiental de carácter general, como requisito para la concesión de recursos geotérmicos en El Salvador para proyectos de pequeña escala"</p> <p>El CNE elaboró un diagnóstico del sector energético y diseñó la Política Energética Nacional (PEN) 2010 – 2024, que como primera gran medida busca recuperar el papel rector y planificador del Estado.</p>

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Desafíos a Resolver				
	Opportunities and Challenges for Scaling Up Geothermal Development in LAC – ESMAP Energy Sector Management Assistance Program	http://documents.worldbank.org/curated/en/173681539626591426/pdf/128045-ESMAP-REVISED-PUBLIC.pdf	Seguimiento	The World Bank is currently providing technical assistance to support the Government of El Salvador in developing a portion of the country's untapped geothermal potential. In particular, it is helping the Government of El Salvador execute due diligence and a gap analysis on the proposed Chinameca and San Vicente geothermal projects. The analysis will encompass technical, economic and financial, and safeguard aspects that are commonly assessed by the geothermal industry at the project feasibility stage. The technical assistance will also provide an action plan to address identified gaps, including recommendations and guidance to help the state geothermal company, LaGeo, bring existing assessments in line with industry standards to facilitate financing for further development of the Chinameca and San Vicente fields.
	Promoting Geothermal Development	IDB 2014. https://publications.iadb.org/en/publication/16863/promoting-geothermal-development	Seguimiento	Barriers to geothermal development and Financing & Risk Mitigations Instruments. El Salvador. The IDB provided US\$215M resources for (1) the development of the Berlin geothermal field through the construction of a 55MW power plant and (2) the operation and maintenance in Ahuachapán geothermal field to stabilize the geothermal energy production. Other relevant activities include the establishment, in collaboration with the Nordic Development Fund, National Energy Council, University of El Salvador and LaGeo, a geothermal training center that will enable the LAC countries to develop their capacities to efficiently exploit this renewable energy source (US\$2M grant).
	¿Estancamiento en un paraíso geotérmico? ¿Cómo realizar el potencial de la geotermia en Centro América?	Manfred Haebig. Programa Fomento de la Geotermia en Centroamérica (4E) GIZ 2016. http://congresodeenergia.com/wp-content/uploads/2019/06/Conferencia-4-Aplicacion-en-la-Industria-de-Energia-Renovable-Tecnologicos-Ing-Manfred-Haebig.pdf	Seguimiento	Cooperación Financiera - Fondo Mitigación Riesgos GDF. Programa Cooperación Técnica Promoción Recursos Geotérmicos de Baja/Mediana Entalpía.

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica / GUATEMALA

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Geociencias				
Yacimientos Geotérmicos conocidos (estudios existentes)	Geothermal Resources of Guatemala	International Geothermal Development Agency, 2003	Sí	Información de recursos geotérmicos encontrados por medio de manifestaciones superficiales
	Geothermal Development	INDE y Bureau de Recherchers Geologiques et Minières (BRGM-France), 1981	Sí	Información geológica necesaria para el desarrollo geotérmico en el departamento de Totonicapán, Guatemala
Geotermia Profunda	JICA Support of geothermal development at Guatemala	JICA, 1970	Sí	Información geocientífica necesaria para determinar el potencial de aprovechamiento para generación de electricidad
Manifestaciones Superficiales	Geothermal resources of Guatemala	International Geothermal Development Agency, 2003	Sí	Información de recursos geotérmicos encontrados por medio de manifestaciones superficiales
Necesidades de Exploración			Sí	Información geocientífica necesaria para estimar el aprovechamiento energético de la geotermia para su uso directo
Economía/ Inversión				
Mercado Geotérmico y Potencial	Plan Indicativo de Expansión del Sistema de Generación 2018 - 2032	MEM Guatemala, 2018	Sí (obligatoriamente cada dos años)	Desarrollo del sistema de generación nacional considerando los costos de operación y de inversión para un horizonte de quince años
Actores (Potenciales) en Geotermia	MEM e INDE		No	
Concesiones existentes y su estado	Resoluciones de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica	CNEE, varios años	No	
Política				
Matriz Energética del País	Balance Energético	MEM Guatemala, 2018	Sí (obligatoriamente cada 1 año)	Estado del sistema energético nacional de Guatemala
Proyección Energética del País	Modelo de análisis de la demanda de energía 2015 - 2050	MEM Guatemala, 2017	Sí (obligatoriamente cada 2 años)	Proyección de la demandada del sistema energético nacional en Guatemala
Marco Legal/ Político	Reglamento de la Ley General de Electricidad, artículo 16	MEM Guatemala, 1999	Sí	La ley general de electricidad (1996) derogó la ley de Geotermia (Decreto 126-85) y es el marco legal vigente, el reglamento establece en el artículo 16 los procedimientos para el uso de la geotermia en las centrales de generación eléctrica
	Política Energética 2013-2027 y Política Energética 2019-2050	MEM Guatemala, 2013 y 2018	Sí (obligatoriamente cada 5 años)	Marco político relacionado con el aprovechamiento de los recursos nacionales y las importaciones para el abastecimiento eficiente y a precios competitivos de la demanda energética nacional
Generación Eléctrica	Informe Estadístico Anual del Administrador del Mercado Mayorista	AMM, 2018	Sí (obligatoriamente cada 1 año)	Informe estadístico del sistema de generación, sistema de transporte, sistema de distribución, mercado eléctrico regional y demanda de energía eléctrica
Uso directo/ Hydrothermal			Sí	

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Gobernanza				
Entidades Geotérmicas	Ninguna entidad geotérmica en específico, se tiene al Ministerio de Energía y Minas y la UPEM como instituciones que dirigen la política energética nacional		Sí	
Estrategias del Gobierno ref. a la Geotermia	Estrategia de Desarrollo con Bajas Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	MARN Guatemala, USAID 2018	No	Curvas de abatimiento en las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con el sistema de generación eléctrica
	Plan Nacional de Energía 2017 - 2032	MEM Guatemala, 2017	No	Acción 2 del Primer Eje: Aprovechamiento sostenible de los recursos renovables, establece: "Promover la generación de energía geotérmica, para el año 2032 la oferta de generación de energía geotérmica aumentará en 3.34 GWh respecto al año base 2016"
Capacidades				
Exploración	Estudios realizados para centrales geotérmicas, presentados en las autorizaciones temporales y definitivas para uso de bienes públicos	Depende del registro	Sí	Información relacionada con el uso de bienes de dominio público que facilitan las empresas privadas
Desarrollo	No se cuenta con capacidad para desarrollo de proyectos por parte del Estado de Guatemala		Sí	
Explotación	No se cuenta con capacidad para la explotación de proyectos por parte del Estado de Guatemala		Sí	
Operación y Manejo	No se cuenta con capacidad para la operación y manejo de proyectos por parte del Estado de Guatemala		Sí	
Entrenamiento	No se cuenta con capacidades de entrenamiento ni programas ni talleres que fomenten el aprovechamiento energético de la geotermia por parte del Estado de Guatemala		Sí	
Desafíos a Resolver				
Uso directo de la geotermia	Es necesario un documento por medio de un reglamento o una ley que registre y regule el procedimiento necesario para el aprovechamiento energético de forma directa de la geotermia		Sí	Marco jurídico que establezca el procedimiento de registro para la solicitud de bienes de dominio público por parte de proyectos que utilicen de forma directa la geotermia
Potencial geotérmico a nivel nacional	Es necesario un sitio web o una plataforma de fácil consulta que permita conocer el potencial, ya sea por medio de mapas de calor a 1000 metros bajo la superficie o a través de información geofísica nacional		Sí	Información nacional digitalizada para consulta libre en especial por desarrolladores de proyectos

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica / HONDURAS

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Geociencias				
Yacimientos Geotérmicos conocidos (estudios existentes)	https://www.osti.gov/geo-thermal/biblio/6268112-hydrogeochemical-investigation-six-geothermal-sites-honduras-central-america	Laboratorio de los Alamos (1977)	Sí	Estudios Geologicos, Geoquimicos, geofisicos y de gradiente de temperatura
	https://iila.org/it/estado-actual-y-desarrollo-de-los-recursos-geotermicos-en-centroamerica/	IILA, 2010	Sí	Estado actual y desarrollo de los recursos geotérmicos en Centroamérica
Geotermia Profunda	https://www.osti.gov/geo-thermal/biblio/6268112-hydrogeochemical-investigation-six-geothermal-sites-honduras-central-america	Laboratorio de los Alamos(1997)	Sí	Estudios Geologicos, Geoquimicos, geofisicos y de gradiente de temperatura
Manifestaciones Superficiales	https://www.researchgate.net/publication/319099846_Geochemical_Exploration_in_Southern_Honduras	Miguel A. Garcia, Wilfredo C. Flores and Sigfrido A. Sandoval (1997)	Sí	Geotermia en el sur de Honduras
Necesidades de Exploración				
Economía/ Inversión				
Mercado Geotérmico y Potencial	ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES PARA EL FOMENTO DE LA GEOTERMIA EN 3PAÍSES DE LA REGIÓN: GUATEMALA, HONDURAS Y PANAMÁ	INCAE- CLACDS	Sí	Promover los cambios en el clima de negocios de los países de Centroamérica que permitan que la geotermia se convierta en una opción viable y atractiva de energía limpia, bajo condiciones de mercado, dentro de esta región.
	La geotermia en Honduras Diagnóstico del clima de inversión y oportunidades	GIZ, 2017	Sí	Resumen de la historia de la Geotermia en Honduras y un panorama con respecto al desarrollo de la Geotermia.
Actores (Potenciales) en Geotermia	GIZ-BGR-ELCO-SA-SEN-UNAH-UPNFM			
Concesiones existentes y su estado	https://www.researchgate.net/publication/319099846_Geochemical_Exploration_in_Southern_Honduras	MIAMBIENTE	Sí	A partir de las reformas en el marco legal del subsector eléctrico la Secretaria de Recursos Naturales, Ambiente y Minas deja de ser el ente que concesiona el recurso y pasa a la Comisión Reguladra de Energía Eléctrica (CREE).
Política				
Matriz Energética del País	Balance Energetico Nacional (BEN) https://portalunico.iaip.gob.hn/portal/ver_documento.php?uid=NTY2NTIxODkzNDc2MzQ4NzEyNDYxOTg3MjMjM0Mg==	SEN, 2017	Sí	El BEN describe la oferta, transformación y demanda de la energía en el país, siendo necesario para este fin, recopilar información de diversas instituciones del Estado, cooperación internacional, ONG y demás empresas que trabajan el tema energético nacional.

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Política				
Marco Legal/ Político	1.-Propuesta de Política de Fomento a la Geotermia en Honduras.- 2.- Ley de promoción a la Generación de Energía Eléctrica con fuentes Renovable (70-2007 y reforma 138-2013). 3.- Ley General de la Industria Eléctrica 404-2013 5.- Decreto PCM-048-2017 creación de la Secretaría de Energía 6.- Decreto Ejecutivo No. PCM-017-2017	1.- Secretaria Energía con el apoyo Cooperación Alemana	Sí	1.- Propuesta de política con su plan de acción e indicadores con 4 ejes estratégicos (1)investigación y desarrollo, (2)financiamiento, (3) regulación y normativa (4)Comunicación 6.- Créase el Consejo Nacional de Energía, cuya función principal es actuar como órgano de articulación estratégica y coordinación intersectorial sobre asuntos energéticos o actividades conexas al país, mediante la definición de políticas, normas y estrategias en materia de energía
Generación Eléctrica	Boletines Estadísticos ENEE	ENEE	Sí	La ENEE elabora un boletín de generación de energía eléctrica de cada una de las plantas que comercializa electricidad con la estatal. http://www.enee.hn/index.php/planificacioni-cono/182-boletines-estadisticos
Uso directo/ Hydrotermal	Estudio de Viabilidad Técnica-económica-social	CEGA, 2019	Sí	Estudio financiado por GIZ sobre la viabilidad técnica económica-social de 3 proyectos pilotos en Honduras
Gobernanza				
Entidades Geotérmicas	1)ENEE y EMPRESA PRIVADA serán los desarrolladores de los proyectos de geotermia 2)Secretaría de Energía (SEN); es la cabeza del sector energético del país.			No contamos con una entidad que este desarrollando directamente el tema de geotermia, sin embargo existe múltiples instituciones trabajando en cada una de sus áreas de competencia(Academia-ENEE-SEN-Empresa Privada).
Estrategias del Gobierno ref. a la Geotermia	Plan de Nación y Vision de País		No	Establece que Honduras para el 2030 deberá contar con una matriz de generación 80 % de energía renovable.
Capacidades				
Exploración	Laboratorio química agua	ENEE	Sí	Laboratorio de química de agua, se necesita fortalecer capacidades con equipos de cromatografía de gases.
Desarrollo Explotación Operación y Manejo				En estas etapas se ha desarrollado una sola planta de generación de energía eléctrica a través de un BOT con ORMAT, la experiencia esta en los profesionales que han participado en el proceso.
Desafíos a Resolver				
Fortalecimiento de Laboratorios	ENEE y Academia		Sí	No se cuenta con un laboratorio a nivel nacional para realizar el análisis de muestras que demandan los estudios en geotermia, por ejemplo Cromatografía de Gases.
Formación de profesionales en las distintas áreas	Honduras			Honduras debe formar un staff de profesionales con especialización en las distintas disciplinas que integran la geotermia para impulsar el desarrollo de la industria.
Financiamiento Blandos				Financiamiento que se adapte a las condiciones que requiere el país.
Marco Legal y Regulatorio			Sí	Avanzar en la regulación, normativas y licitaciones para la geotermia

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica / NICARAGUA

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Geociencias				
Yacimientos Geotérmicos conocidos (estudios existentes)	Plan Maestro Geotérmico de Nicaragua	CNE, 2001	Sí	Necesita actualización: El Plan Maestro fue una recopilación de todos los estudios existentes hasta la fecha de 1998 y algún muestreo adicional
	Estado Actual y Desarrollo de los recursos Geotérmicos en Centro América	IILA-Instituto Italo-Latinoamericano, 2010	Sí	Nicaragua: Resumen de las áreas pertenecientes al Plan Maestro
	Estudios geocientíficos realizados bajo concesión de exploración en el área El Hoyo-Monte Galán	Geonica, 2011	Sí	Documento no es de dominio público
	Estudios geocientíficos realizados bajo concesión de exploración en el área Managua-Chiltepe	Geonica, 2011	Sí	Documento no es de dominio público
Geotermia Profunda	Actualización de la Evaluación del Recurso Proyecto Casita-San Cristóbal	SKM, 2012	No	Contiene la evaluación del recurso geotérmico aplicando el método de Monte Carlo. Este documento no es de dominio público
	Estudio de Prefactibilidad del Área Geotérmica Volcán Cosigüina	Jacob, 2014	No	Estudios geocientíficos y evaluación del potencial geotérmico. Este documento no es de dominio público
	Estudios de investigación para el desarrollo geotérmico en el Suroeste de Nicaragua: Caldera de Apyo y Volcán Mombacho	JICA/ENEL, 2016	No	Estudios geocientíficos. Este documento no es de dominio público
Manifestaciones Superficiales: Media y baja entalpía	Informe final de Campo: Reconocimiento Geológico del área San Francisco Libre, Managua-Nicaragua	MEM, 2011	Sí	El informe presenta el resultado de la geología de superficie del área de estudio, así como las manifestaciones termales, dirección del flujo subterráneo
	Informe final de Campo: Reconocimiento Geológico del área Teustepe, Teustepe-Boaco	MEM, 2012	Sí	El informe presenta el resultado de la geología de superficie del área de estudio, así como las manifestaciones termales, dirección del flujo subterráneo
Necesidades de Exploración	Informe final de Campo: Reconocimiento Geológico del área Macuelizo, Nueva Segovia	MEM, 2012	Sí	El informe presenta el resultado de la geología de superficie del área de estudio, así como las manifestaciones termales, dirección del flujo subterráneo
	Informe final de Campo: Reconocimiento Geológico del área Santa Bárbara, Nueva Segovia	MEM, 2014	Sí	El informe presenta el resultado de la geología de superficie del área de estudio, así como las manifestaciones termales, dirección del flujo subterráneo
	Informe final de Campo: Reconocimiento Geológico del área Cerro Juan Sapo, León	MEM, 2014	Sí	El informe presenta el resultado de la geología de superficie del área de estudio, así como las manifestaciones termales, dirección del flujo subterráneo
	Informe final de Campo: Reconocimiento Geológico del área Zinica-Waswalita, RAAN	MEM, 2015	Sí	El informe presenta el resultado de la geología de superficie del área de estudio, así como las manifestaciones termales, dirección del flujo subterráneo
	Informe final de Campo: Reconocimiento Geológico del área Boca de Sábalo, Río San Juan	MEM, 2015	Sí	El informe presenta el resultado de la geología de superficie del área de estudio, así como las manifestaciones termales, dirección del flujo subterráneo
	Informe final de Campo: Reconocimiento Geológico del área Aguas Calientes-Nambar, Chontales	MEM, 2017	Sí	El informe presenta el resultado de la geología de superficie del área de estudio, así como las manifestaciones termales, dirección del flujo subterráneo
	Informe final de Campo: Reconocimiento Geológico del área Aguas Calientes-Juigalpa, Chontales	MEM, 2019	Sí	El informe presenta el resultado de la geología de superficie del área de estudio, así como las manifestaciones termales, dirección del flujo subterráneo

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Economía/ Inversión				
<p>Mercado Geotérmico y Potencial</p> <p>Actores (Potenciales) en Geotermia</p> <p>Concesiones existentes y su estado</p>	<p>Nicaragua tiene 12 áreas con potencial geotérmico para alta entalpía de 1519 MW</p> <p>Empresa privada nacional e internacional</p> <p>Campo Geotérmico Momotombo. El proyecto cuenta actualmente con 2 unidades de condensación de 35 MW c/u y 2 unidades binarias de 3,5 MW cada una</p> <p>Campo Geotérmico San Jacinto-Tizate. En 2005 se comenzó con planta contrapresión de 10MW. Posteriormente en 2012 el Proyecto Geotérmico San Jacinto-Tizate entró en operación comercial con 2 Unidades de Condensación (36 MW c/u)</p> <p>Área Geotérmica Casita-San Cristóbal. Solicitud de préstamo para perforar: ejecutado por el Estado de Nicaragua</p>	<p>Plan Maestro Geotérmico, CNE 2001</p>		<p>Recopilación de los estudios geocientíficos en las 12 áreas identificadas hasta el 2001, así como la evaluación del potencial geotérmico para las 12 áreas las cuales son: Volcán Cosigüina, Casita-San Cristóbal, Telica-El Najo, San Jacinto-Tizate, El Hoyo-Monte Galán, Managua-Chiltepe, Momotombo, Tipitapa, Caldera Masaya, Caldera de Apoyo, Volcán Mombacho, Isla de Ometepe</p> <p>Concesión de Explotación ENEL: Dado para manejo del campo a Momotombo Power Company - MPC. Área concesionada: 9 km2. Capacidad instalada: 77 MW Generación neta: 25 MW</p> <p>Concesión de Explotación otorgada a Polaris Energy S.A. (PENSA). Área concesionada: 40 km2. Capacidad instalada: 72 MW Generación neta: 70.5 MW</p> <p>Concesión de Explotación otorgada a Cerro Colorado Power - CCP. Área concesionada: 20 km2.</p>
Política				
Matriz Energética del País	<p>Matriz de Generación 2006-2019</p> <p>Anuario Estadístico del Sector Eléctrico Nacional 2017</p> <p>Balance Energético Nacional 2017</p> <p>Plan de Expansión de la Generación Eléctrica de 2019-2033</p> <p>Ley 443 Ley de Exploración y Explotación de los Recursos Geotérmicos</p> <p>Ley 443 Ley de Exploración y Explotación de los Recursos Geotérmicos, con sus reformas incorporadas</p> <p>Ley 532 Ley para la promoción de generación eléctrica con fuentes renovables</p> <p>Ley 901 Ley de reforma a la Ley 532 Ley para la promoción de generación eléctrica con fuentes renovables</p>	<p>http://www.enatrel.gob.ni/matriz-de-generacion/</p> <p>http://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2018/08/Anuario-Estadistico-Electrico-2017.pdf</p> <p>http://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2019/01/Balance-Energetico-Nacional-2017.pdf</p> <p>MEM, 2018</p> <p>La Gaceta, 2002</p> <p>La Gaceta, 2014</p> <p>La Gaceta, 2012</p> <p>La Gaceta, 2015</p>	<p>Se actualiza mensualmente</p> <p>Se actualiza mensualmente</p> <p>Se actualiza mensualmente</p> <p>No</p>	<p>Informe Ejecutivo: La planificación indicativa de la generación, la proyección de demanda de energía y potencia incluyendo la demanda mínima, el pronóstico de los precios de combustibles, la cartera de proyectos con sus características y disponibilidad de entrada, el plan de mantenimiento de las centrales, plan de retiro de las plantas y los proyectos en construcción</p>

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Política				
Generación Eléctrica	Ley 967 Ley de reforma a la Ley 532. Ley para la promoción de generación eléctrica con fuentes renovables	La Gaceta, 2017		
	Ley 272. Ley de la industria eléctrica	La Gaceta, 2012		
	DECRETO No. 45-2010. Reglamento de la Ley de Exploración y Explotación de los Recursos Geotérmicos	La Gaceta, 2010		
	Resolución Ministerial No. 002-DGERR-002-2017. Banda de precios para proyectos de generación con fuente renovables	La Gaceta, 2017		
	Campo Geotérmico Momotombo			Concesión ENEL y desarrollado por Momotombo Power Company - MPC
Uso directo/ Hydrothermal	Campo Geotérmico San Jacinto-Tizate			Concesión de explotación a Polaris Energy S.A.
Gobernanza				
Entidades Geotérmicas	Ministerio de Energía y Minas, ENEL			
Estrategias del Gobierno ref. a la Geotermia	Plan de Expansión de la Generación Eléctrica de 2019-2033	MEM, 2018		
Capacidades				
Exploración				
Desarrollo				
Explotación				
Operación y Manejo				
Desafíos a Resolver				

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica / R. DOMINICANA

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Geociencias				
Yacimientos Geotérmicos conocidos (estudios existentes)	Evaluación del potencial geotérmico de la República Dominicana -IV. Conclusiones y recomendaciones. Informe final. BGRM/RC-66921-FR, MEM, SGN, BID, julio 2017.	BRGM, 2017	Sí	Conclusiones de la primera etapa y propuestas para la continuidad del proyecto.
Geotermia Profunda	N/D	BRGM, 2017	No	Trabajos realizados en exploración geotérmica, geología, hidrogeología y perforación de pozos profundos de la exploración de hidrocarburos.
Manifestaciones Superficiales	Evaluación del potencial geotérmico de la República Dominicana - II. Estudio de campo e interpretación de los datos. Informe final. BRGM/RC-66921-FR, MEM, SGN, BID, junio 2017.	BRGM, 2017	Sí	Trabajos de campo y laboratorio de diferentes fuentes termales de República Dominicana (en geología y geoquímica), identificación de recursos geotérmicos.
Necesidades de Exploración	Informe de interpretación geoquímica de zonas de alteración hidrotermal de la República Dominicana.	Instituto de investigaciones eléctricas de México (Mercado y Nieva, 1980).	No	Interpretación geoquímica
	Proyecto de investigación geotérmica de la República Dominicana.	BRGM, 1980	No	Reconocimiento de las zonas de interés geotérmico potencial de la República Dominicana.
	Estudio de prefactibilidad del área geotérmica de Yayas de Viajama - Constanza.	ELECTROCONSUL, 1983	No	Arreglo geológico del área geotérmica de Yayas de Viajama - Constanza.
Economía/ Inversión				
Mercado Geotérmico y Potencial	Estudio técnico y económico preliminar de los recursos geotérmicos de la República Dominicana. No. De informe 17 CFG 67, MEM, SGN, BID, junio 2017.	BRGM, 2017	Sí	Estudio económico preliminar sobre la base de los resultados de la evaluación del potencial geotérmico de la República Dominicana.
Actores (Potenciales) en Geotermia	N/D			
Concesiones existentes y su estado	N/D			
Política				
Matriz Energética del País	A septiembre 2019, la capacidad instalada total del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado fue de 4,501.44 MW. De estos 15% carbon, 40% derivados de petróleo, 18% Gas, 3% Gas + fuel oil #6 y 23% de fuentes renovables de energía (13% hidroeléctricas y 10% de fuentes de energías renovables no convencionales (ERNC) (7%eólica, 2% solar fotovoltaica y 1% biomasa)).	2019	Sí	Elevar los porcentajes de las fuentes renovables de energía en la matriz.

Matriz de Levantamiento de Actualización de Información para el Estado de la Geotermia en Centroamérica

Tema	Publicaciones Regionales	Autor y Año	Actualización necesaria (sí/no)	Contenido / Tema de Actualización
Política				
Proyección Energética del País	N/D			
Marco Legal/ Político	Ley de incentivos a las energías renovables (Ley 57-07)	2007	Sí	Inclusión de los procedimientos específicos para el desarrollo de proyectos geotérmicos
Generación Eléctrica	Periodo Oct. 2018 - sept. 2019, se generaron 18,591.07 GWh. De esta energía 23% de Gas natural, 17% carbon, 44% derivados de petróleo, 4% de Gas + fuel oil #6 y 12% de fuentes renovables (6% de hidroeléctricas y 6% de fuentes de energías renovables no convencionales (ERNCC) (solar fotovoltaica 1%, biomasa 1% y eólico 4%)).	2019	Sí	Elevar los porcentajes de las fuentes renovables de energía en la matriz.
Uso directo/ Hydrotermal	N/D			
Gobernanza				
Entidades Geotérmicas	N/D			
Estrategias del Gobierno ref. a la Geotermia	N/D			
Capacidades				
Exploración	Exploración de hidrocarburos sobre las cuencas sedimentarias de Azua, San Juan y Lago Enriquillo.	BNDH-MEM, 2015.	Sí	Estratigrafía geológica y del gradiente térmico de las cuencas sedimentarias de Azua, San Juan y Enriquillo.
Desarrollo	N/D			
Explotación	N/D			
Operación y Manejo	N/D			
Desafíos a Resolver				



Inventario Regional SICA



BELICE

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
	Manifestaciones Geotermales	Silver Creek Village, Toledo District	-88.877	16.276	
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Aleman Property	-88.894	16.244	
	Manifestaciones Geotermales	Aleman Property	-88.893	16.246	
	Manifestaciones Geotermales	Big Falls, Toledo District	-88.928	16.216	



Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica	Proyectos en operación	Miravalles I	-85.19418	10.70099	55
	Proyectos en operación	Miravalles II	-85.19387	10.70068	55
	Proyectos en operación	Miravalles III	-85.18145	10.71769	29.5
	Proyectos en operación	Miravalles V	-85.19301	10.68384	10
	Proyectos en operación	UBP-29	-85.17317	10.67659	5
	Proyectos en operación	Pailas I	-85.35975	10.75727	42.5
	Proyectos en operación	Pailas II	-85.34640	10.75786	55
	Sitios de Exploración	Borinquen I	-85.42394	10.82303	
	Sitios en reconocimiento	Borinquen II	-85.42394	10.82303	
	Sitios en reconocimiento	Tenorio	-85.03471	10.63495	
	Sitios en reconocimiento	Poco Sol	-84.59873	10.36513	
	Sitios en reconocimiento	Platanar	-84.33759	10.39345	
	Sitios en reconocimiento	Bajos del Toro	-84.26821	10.26079	
	Sitios en reconocimiento	Vara Blanca	-84.15578	10.15970	
	Sitios en reconocimiento	Turrialba	-83.72446	9.96512	
Proyectos Geotérmicos de Uso Directo	Proyectos en operación	Colinas del Miravalles	-85.2031881	10.7161948	
	Proyectos en operación	Thermonamía	-85.2031881	10.7161948	
	Proyectos en operación	El Guayacán	-85.2031881	10.7161948	
	Proyectos en operación	Termales Miravalles	-85.2031881	10.7161948	
	Proyectos en operación	Yöko	-85.2031881	10.7161948	
	Proyectos en operación	Río Perdido	-85.2037801	10.5928735	
	Proyectos en operación	Recreo Verde	-84.2458812	10.321487	
	Proyectos en operación	Hotel Borinquen	-85.4191623	10.80825	
	Proyectos en operación	Buenavista del Rincón	-85.4060964	10.7981519	
	Proyectos en operación	Vandara	-85.4447767	10.7725803	
	Proyectos en operación	Blue River Resort	-85.3355736	10.8939361	
	Proyectos en operación	Sensoria	-85.3511613	10.8689277	
	Proyectos en operación	Tabacón Resort	-84.7229547	10.4879182	
	Proyectos en operación	Montaña de Fuego	-84.7067967	10.504209	
	Proyectos en operación	Nayara Springs	-84.6911163	10.5030002	
Proyectos en operación	Arenal Manoa & Hot Springs	-84.6824846	10.5007697		



COSTA RICA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Proyectos Geotérmicos de Uso Directo	Sitios de Exploración	Secador de Granos Miravalles	-85.2031881	10.7161948	
	Sitios de Exploración	Recreo Verde	-84.2458812	10.321487	
	Sitios en reconocimiento	Secador de café	-84.0065	9.7687	
	Sitios en reconocimiento	Bomba de Calor Santa Cruz	-85.5302684	10.3155994	
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Sinclinal de Liberia	-85.298104	10.522887	
	Manifestaciones Geotermales	Sinclinal de Liberia	-85.259706	10.513959	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.517662	10.840407	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.516741	10.838603	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.620082	10.838203	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.508507	10.837729	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.520361	10.828644	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.463659	10.827946	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.463659	10.827946	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.617283	10.824652	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.412388	10.810945	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.403244	10.810975	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.470889	10.804412	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.470886	10.803508	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.607068	10.786719	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.376622	10.780323	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.378447	10.779413	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.397643	10.777541	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.396728	10.777544	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.440604	10.773778	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.441519	10.773775	
	Manifestaciones Geotermales	Área Borinquen	-85.479774	10.733858	
	Manifestaciones Geotermales	Área Pailas	-85.350058	10.765943	
Manifestaciones Geotermales	Área Pailas	-85.350058	10.765943		
Manifestaciones Geotermales	Área Pailas	-85.325357	10.7615		
Manifestaciones Geotermales	Área Pailas	-85.372898	10.760444		



COSTA RICA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales		Manifestaciones Geotermales	Área Pailas	-85.372898	10.760444
		Manifestaciones Geotermales	Área Pailas	-85.3162	10.757007
		Manifestaciones Geotermales	Área Pailas	-85.378369	10.755906
		Manifestaciones Geotermales	Área Pailas	-85.399332	10.736849
		Manifestaciones Geotermales	Área Pailas	-85.291434	10.730863
		Manifestaciones Geotermales	Área Pailas	-85.282261	10.720944
		Manifestaciones Geotermales	Área Pailas	-85.29112	10.628695
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.157042	10.730334
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.220123	10.730165
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.192758	10.752843
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.190016	10.752851
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.183608	10.750155
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.211951	10.750079
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.184503	10.74292
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.184495	10.740207
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.211918	10.738325
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.198199	10.736554
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.244817	10.733712
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.244793	10.725575
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.166172	10.72579
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.212796	10.725664
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.183377	10.665166
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.194492	10.718481
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.193563	10.713059
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.193563	10.713059
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.196301	10.711243
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.196301	10.711243
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.227379	10.710253
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.18901	10.7194
		Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.18898	10.70855
	Manifestaciones Geotermales	Área Miravalles	-85.18898	10.70855	



COSTA RICA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales		Área Miravalles	-85.18898	10.70855	
		Área Miravalles	-85.187151	10.708555	
		Área Miravalles	-85.649697	10.704269	
		Área Miravalles	-85.209893	10.668711	
		Área Miravalles	-85.209893	10.66871	
		Área Miravalles	-85.269305	10.668542	
		Área Miravalles	-85.271144	10.672154	
		Área San Bernardo	-85.211696	10.659665	
		Área San Bernardo	-85.195227	10.653381	
		Área San Bernardo	-85.186087	10.653405	
		Área San Bernardo	-85.223431	10.608095	
		Área San Bernardo	-85.217953	10.609919	
		Área San Bernardo	-85.135703	10.609232	
		Área San Bernardo	-85.229823	10.606269	
		Área San Bernardo	-85.21977	10.606297	
		Área San Bernardo	-85.202405	10.605441	
		Área San Bernardo	-85.219768	10.605393	
		Río Canaletes	-85.041175	10.835492	
		Río Canaletes I	-85.042094	10.837298	
		Quebrada Guacalito	-85.067696	10.835432	
		Río Zapote	-85.041189	10.841821	
		Río Rita	-84.887116	10.857043	
		Río Caño Negro	-84.913204	10.869202	
		Río Chimurri	-84.966185	10.836101	
		Río Achioté	-84.985848	10.836514	
		Las Flores	-85.039192	10.767686	
		Las Vueltas	-85.07099	10.681721	
		Las Vueltas	-85.068265	10.68896	
		Bijagua	-85.067894	10.725579	
		Bijagua	-85.049188	10.74054	
		Buenavista	-85.029671	10.802968	



COSTA RICA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Buenavista	-85.030134	10.80568	
	Manifestaciones Geotermales	Buenavista	-85.030573	10.797542	
	Manifestaciones Geotermales	Río Salto	-85.013223	10.808429	
	Manifestaciones Geotermales	Río Higueron	-85.0594	10.807423	
	Manifestaciones Geotermales	Los Chorros	-84.998441	10.737485	
	Manifestaciones Geotermales	Santo Domingo	-84.978841	10.76465	
	Manifestaciones Geotermales	Quebrada Achiote	-84.960049	10.740728	
	Manifestaciones Geotermales	Río Chimurri	-84.996648	10.754216	
	Manifestaciones Geotermales	Quebrada Quebradon	-84.963839	10.806722	
	Manifestaciones Geotermales	Río Caño Negro	-84.95513	10.795437	
	Manifestaciones Geotermales	Río Rita	-84.931777	10.776947	
	Manifestaciones Geotermales	Río Mónica	-84.921705	10.769281	
	Manifestaciones Geotermales	El Achiote	-84.953166	10.727631	
	Manifestaciones Geotermales	Río Buenavista	-84.877773	10.744495	
	Manifestaciones Geotermales	Río Frío	-84.906922	10.686127	
	Manifestaciones Geotermales	Río Same	-84.915626	10.696509	
	Manifestaciones Geotermales	Río Guayabo	-84.917011	10.704191	
	Manifestaciones Geotermales	Colonia Río Celeste	-84.952221	10.712262	
	Manifestaciones Geotermales	Colonia Río Celeste	-84.954954	10.707284	
	Manifestaciones Geotermales	Colonia Río Celeste	-84.944854	10.6847	
	Manifestaciones Geotermales	Río Buenavista	-84.941722	10.719064	
	Manifestaciones Geotermales	Río El Brazo	-84.938511	10.713193	
	Manifestaciones Geotermales	Zona Río Celeste	-84.981476	10.712656	
	Manifestaciones Geotermales	Zona Río Celeste	-84.975992	10.713572	
	Manifestaciones Geotermales	Cerro Bambú	-85.055234	10.587725	
	Manifestaciones Geotermales	Cabecera Río San Lorenzo	-85.00182	10.608185	
	Manifestaciones Geotermales	Cabecera Río San Lorenzo	-85.002734	10.608183	
	Manifestaciones Geotermales	Cabecera Río San Lorenzo	-85.002275	10.60728	
	Manifestaciones Geotermales	Agua Caliente	-85.034772	10.631622	



COSTA RICA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales		Manifestaciones Geotermales Agua Caliente	-85.028367	10.628472	
		Manifestaciones Geotermales Finca Coral	-85.07895	10.57004	
		Manifestaciones Geotermales Río Cabuy	-85.083416	10.527081	
		Manifestaciones Geotermales Quebrada Seca	-85.084362	10.540642	
		Manifestaciones Geotermales Río Corobici	-85.099916	10.549646	
		Manifestaciones Geotermales Río Corobici	-85.103949	10.517539	
		Manifestaciones Geotermales Río Cabuya	-85.105311	10.514371	
		Manifestaciones Geotermales Palmira	-85.085276	10.540639	
		Manifestaciones Geotermales La Palma	-85.012633	10.537638	
		Manifestaciones Geotermales Río Magdalena	-85.032265	10.532623	
		Manifestaciones Geotermales Río Cabuya	-85.041888	10.545712	
		Manifestaciones Geotermales Bajo Paires	-85.02685	10.562472	
		Manifestaciones Geotermales Hacia Tenorio	-85.056238	10.626601	
		Manifestaciones Geotermales Paraiso	-85.043424	10.618493	
		Manifestaciones Geotermales Martirio	-85.056236	-85.056236	
		Manifestaciones Geotermales Martirio	-85.053534	10.643334	
		Manifestaciones Geotermales Laguna La Vieja	-85.054915	10.6474	
		Manifestaciones Geotermales Río Tenorio	-85.093787	10.659064	
		Manifestaciones Geotermales Quebrada Palma	-85.093755	10.645953	
		Manifestaciones Geotermales Río Tenorio	-85.101012	-85.101012	
		Manifestaciones Geotermales Cabecera Río Sábalo	-85.001346	10.600049	
		Manifestaciones Geotermales Quebrada Guajiro	-85.096423	10.615658	
		Manifestaciones Geotermales Quebrada Copey	-85.098262	10.620174	
		Manifestaciones Geotermales Río Tenorio	-85.133862	10.603812	
		Manifestaciones Geotermales Río Martirio	-85.061721	10.626589	
		Manifestaciones Geotermales Río Sucio	-85.019425	10.510046	
		Manifestaciones Geotermales Río Sucio	-85.02033	10.506428	
		Manifestaciones Geotermales Cuesta Arrepentidos	-84.967585	10.624982	
		Manifestaciones Geotermales Cabecera del río San Lorenzo	-84.992231	10.610917	
		Manifestaciones Geotermales Laguna Arenal	-84.964242	10.55356	
		Manifestaciones Geotermales Laguna Arenal	-84.915815	10.5532	



COSTA RICA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
	Manifestaciones Geotermales	Lago de Cote	-84.910828	10.574005	
	Manifestaciones Geotermales	Laguna Arenal	-84.934097	10.557687	
	Manifestaciones Geotermales	Finca Cote	-84.924126	10.599749	
	Manifestaciones Geotermales	Río Sába	-84.989818	10.549892	
	Manifestaciones Geotermales	Río Piedra	-84.97567	10.557154	
	Manifestaciones Geotermales	Río Aguacate	-84.939594	10.56491	
	Manifestaciones Geotermales	Salitral de Cañas	-85.072573	10.385153	
	Manifestaciones Geotermales	Salitral de Cañas	-85.072573	10.385153	
	Manifestaciones Geotermales	Alto Cartago	-85.018849	10.455798	
	Manifestaciones Geotermales	Finca San Juan	-85.173886	10.365462	
	Manifestaciones Geotermales	Hotel	-85.124146	10.375987	
	Manifestaciones Geotermales	Finca Salitral	-85.089454	10.379688	
	Manifestaciones Geotermales	Salitral San Miguel	-85.088528	10.374265	
	Manifestaciones Geotermales	Salitral Canas (Inisan)	-85.072097	10.377016	
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Cerro Pelado Norte	-85.011402	10.391618	
	Manifestaciones Geotermales	Cerro Pelado Norte	-85.011402	10.391618	
	Manifestaciones Geotermales	Cerro Pelado Norte	-85.006366	10.385299	
	Manifestaciones Geotermales	Cerro Pelado Oeste	-85.037388	9.968411	
	Manifestaciones Geotermales	Cerro Pelado Sur	-85.013151	10.355899	
	Manifestaciones Geotermales	Finca San Luis	-85.00554	10.425989	
	Manifestaciones Geotermales	Vergel	-85.039838	10.447162	
	Manifestaciones Geotermales	Concepción	-85.055728	10.406439	
	Manifestaciones Geotermales	Río Magdalena	-85.078779	10.498159	
	Manifestaciones Geotermales	Río Cacao	-85.080145	10.496348	
	Manifestaciones Geotermales	Río Tenorito	-85.141816	10.499362	
	Manifestaciones Geotermales	Río Magdalena	-85.101557	10.473693	
	Manifestaciones Geotermales	Quebrada Lajero	-85.110266	10.48633	
	Manifestaciones Geotermales	Río Corobici	-85.126695	10.480864	
	Manifestaciones Geotermales	Río Santa Rosa	-85.106549	10.461022	
	Manifestaciones Geotermales	Finca Mangos	-85.078783	10.499967	
	Manifestaciones Geotermales	Río Caca	-85.020307	10.495578	



COSTA RICA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales		Los Angeles	-85.019401	10.499197	
		Río San Miguel	-85.085767	10.36523	
		Río Jabillo	-85.099027	10.373336	
		Río Jabillo	-85.082657	10.401404	
		Afluente Río Jabillo	-85.096352	10.399563	
		Río Cañas	-85.090473	10.423086	
		Quebrada Castillo	-85.111529	10.443379	
		Saillal	-85.110205	10.461917	
		Río Corobici	-85.131652	10.454631	
		Finca El Nilo	-85.103668	10.403614	
		Libertad	-85.11366	10.382342	
		Finca El Prado	-85.110848	10.352963	
		Río Higueron	-85.101267	10.355699	
		Eskameca	-85.142787	10.345651	
		Río San José	-85.053319	10.351743	
		Río Higuerón	-85.054235	10.353097	
		Río Higuerón	-85.043803	-85.043803	
		Quebrada Papaturre	-85.0294	10.477023	
		Río Santa Rosa	-85.076868	10.462901	
		Río Tenorio	-85.164571	10.468109	
		Río San Miguel	-85.070713	10.371142	
		Río Jabillo	-85.06624	10.410484	
		Río Jabillo	-85.043849	10.403754	
		Río Cañas	-85.068593	10.440316	
		Río Cañas	-85.044853	10.443535	
		Río Cañas	-85.004175	10.428252	
		La Chanchera	-84.995997	10.448161	
		Libano-Mina La Esperanza	-84.987254	10.416533	
		Libano-Mina La Esperanza	-84.987254	10.416533	
		Libano-Mina La Esperanza	-84.987254	10.416533	



COSTA RICA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Aguacaliente-Río Chiquito	-84.858975	10.439827	
	Manifestaciones Geotermales	Solania	-84.986262	10.379012	
	Manifestaciones Geotermales	Tilaran	-84.984183	10.476666	
	Manifestaciones Geotermales	Lombardia	-84.975918	10.455435	
	Manifestaciones Geotermales	Lombardia	-84.975918	10.455435	
	Manifestaciones Geotermales	Libano	-84.974465	10.415203	
	Manifestaciones Geotermales	Río Cañas	-84.9763	10.419268	
	Manifestaciones Geotermales	Río San José	-84.987241	10.410204	
	Manifestaciones Geotermales	Río Cañas	-84.990002	10.420596	
	Manifestaciones Geotermales	Río Canaleta	-85.041175	10.835492	
	Manifestaciones Geotermales	Río Canales I	-85.042094	10.837298	
	Manifestaciones Geotermales	Quebrada Guacalito	-85.067696	10.835432	
	Manifestaciones Geotermales	Río Zapot	-85.041189	10.841821	
	Manifestaciones Geotermales	Canaleta	-85.04486	10.847237	
	Manifestaciones Geotermales	Colonia Puntarenas	-84.989514	10.840123	
	Manifestaciones Geotermales	Río Rita	-84.887116	10.857043	
	Manifestaciones Geotermales	Río Caño Negro	-84.913204	10.869202	
	Manifestaciones Geotermales	Colonia Puntarenas	-84.946547	10.848345	
	Manifestaciones Geotermales	Río Chimurri	-84.966185	10.836101	
	Manifestaciones Geotermales	Colonia Puntarenas	-84.976249	10.838342	
	Manifestaciones Geotermales	Río Achioté	-84.985848	10.836514	
	Manifestaciones Geotermales	Las Flores	-85.039192	10.767686	
	Manifestaciones Geotermales	Las Vueltas	-85.07099	10.681721	
	Manifestaciones Geotermales	Las Vueltas	-85.068265	10.68896	
	Manifestaciones Geotermales	Bijagua	-85.067894	10.725579	
	Manifestaciones Geotermales	Bijagua	-85.054033	10.740529	
	Manifestaciones Geotermales	Zapote	-85.090362	10.754007	
	Manifestaciones Geotermales	Zapote	-85.067524	10.762197	
	Manifestaciones Geotermales	Buenavista	-85.029671	10.802968	
	Manifestaciones Geotermales	Finca Volcán	-85.078205	10.832243	



COSTA RICA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Buenavista	-85.030134	10.80568	
	Manifestaciones Geotermales	Buenavista	-85.02785	10.806589	
	Manifestaciones Geotermales	Buenavista	-85.025576	10.812019	
	Manifestaciones Geotermales	Buenavista	-85.030573	10.797542	
	Manifestaciones Geotermales	Río Salt	-85.013211	10.803004	
	Manifestaciones Geotermales	Río Higuero	-85.0594	10.807423	
	Manifestaciones Geotermales	Los Chorros	-84.989284	10.730723	
	Manifestaciones Geotermales	Los Chorros	-84.998441	10.737485	
	Manifestaciones Geotermales	Santa Rosa	-84.999469	10.790827	
	Manifestaciones Geotermales	Santo Domingo	-84.978841	10.76465	
	Manifestaciones Geotermales	Quebrada Achioté	-84.960049	10.740728	
	Manifestaciones Geotermales	Río Chimurri	-84.996648	10.754216	
	Manifestaciones Geotermales	Quebrada Quebradon	-84.963839	10.806722	
	Manifestaciones Geotermales	Río Caño Negro	-84.95513	10.795437	
	Manifestaciones Geotermales	Río Rita	-84.931777	10.776947	
	Manifestaciones Geotermales	Río Mónica	-84.921705	10.769281	
	Manifestaciones Geotermales	El Achioté	-84.953166	10.727631	
	Manifestaciones Geotermales	Río Buenavista	-84.953199	10.744357	
	Manifestaciones Geotermales	Río Frío	-84.906922	10.686127	
	Manifestaciones Geotermales	Río Same	-84.915626	10.696509	
	Manifestaciones Geotermales	Río Guayab	-84.917011	10.704191	
	Manifestaciones Geotermales	Colonia Río Celeste	-84.952221	10.712262	
	Manifestaciones Geotermales	Colonia Río Celeste	-84.954954	10.707284	
	Manifestaciones Geotermales	Colonia Río Celeste	-84.944854	10.6847	
	Manifestaciones Geotermales	Río Buenavista	-84.941722	10.719064	
	Manifestaciones Geotermales	Río El Braz	-84.938511	10.713193	
	Manifestaciones Geotermales	Zona Río Celeste-Río Roble	-84.987396	10.702247	
	Manifestaciones Geotermales	Zona Río Roble	-84.996546	10.706296	
	Manifestaciones Geotermales	Zona Río Roble	-84.993797	10.70359	
	Manifestaciones Geotermales	Zona Río Celeste	-84.981476	10.712656	



Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Zona Río Celeste	-84.975992	10.713572	
	Manifestaciones Geotermales	Cerro Bambú	-85.055234	10.587725	
	Manifestaciones Geotermales	Cabecera Río San Lorenzo	-85.00182	10.608185	
	Manifestaciones Geotermales	Cabecera Río San Lorenzo	-85.00182	10.608185	
	Manifestaciones Geotermales	Cabecera Río San Lorenzo	-85.002734	10.608183	
	Manifestaciones Geotermales	Cabecera Río San Lorenzo	-85.002275	10.60728	
	Manifestaciones Geotermales	Agua Caliente	-85.034772	10.631622	
	Manifestaciones Geotermales	Agua Caliente	-85.028367	10.628472	
	Manifestaciones Geotermales	Aguas Gatas	-85.038742	10.568775	
	Manifestaciones Geotermales	Aguas Gatas	-85.043322	10.573285	
	Manifestaciones Geotermales	Finca Gatas	-85.067965	10.561476	
	Manifestaciones Geotermales	Finca Coral	-85.07895	10.57004	
	Manifestaciones Geotermales	Río Cabuya	-85.083416	10.527081	
	Manifestaciones Geotermales	Quebrada Seca	-85.084362	10.540642	
	Manifestaciones Geotermales	Río Corobici	-85.099916	10.549646	
	Manifestaciones Geotermales	Río Corobici	-85.103949	10.517539	
	Manifestaciones Geotermales	Río Cabuy	-85.105311	10.514371	
	Manifestaciones Geotermales	Finca Mangos	-85.078805	10.509009	
	Manifestaciones Geotermales	Palmira	-85.085276	10.540639	
	Manifestaciones Geotermales	La Palma	-85.012633	10.537638	
	Manifestaciones Geotermales	Río Magdalena	-85.032265	10.532623	
	Manifestaciones Geotermales	Río Cabuy	-85.041888	10.545712	
	Manifestaciones Geotermales	Bajo Paires	-85.02685	10.562472	
	Manifestaciones Geotermales	Tierras Morenas	-85.032843	10.586419	
	Manifestaciones Geotermales	Hacía Tenorio	-85.056238	10.626601	
	Manifestaciones Geotermales	Paraiso	-85.043424	10.618493	
	Manifestaciones Geotermales	MartiRío	-85.056236	10.626149	
	Manifestaciones Geotermales	MartiRío	-85.053534	10.643334	
	Manifestaciones Geotermales	Laguna La Vieja	-85.054915	10.6474	



COSTA RICA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
		Manifestaciones Geotermales	Hacia Tenorio	-85.050722	10.6126
		Manifestaciones Geotermales	Río Tenori	-85.093787	10.659064
		Manifestaciones Geotermales	Quebrada Palma	-85.093755	10.645953
		Manifestaciones Geotermales	Río Tenorit	-85.101012	10.623784
		Manifestaciones Geotermales	Cabecera Río Sábalo	-85.001346	10.600049
		Manifestaciones Geotermales	MartiRío	-85.046213	10.639282
		Manifestaciones Geotermales	MartiRío	-85.044399	10.645163
		Manifestaciones Geotermales	Quebrada Guajiro	-85.096423	10.615658
		Manifestaciones Geotermales	Quebrada Copey	-85.098262	10.620174
		Manifestaciones Geotermales	Río Tenorio	-85.133862	10.603812
		Manifestaciones Geotermales	Río MartiRío	-85.061721	10.626589
		Manifestaciones Geotermales	Alto Mango	-85.107643	10.533805
		Manifestaciones Geotermales	Alto Mango	-85.1045	10.555964
		Manifestaciones Geotermales	Finca Bombay	-85.10777	10.584889
Manifestaciones Geotermales		Manifestaciones Geotermales	Cabecera Río San Lorenzo	-85.003645	10.606825
		Manifestaciones Geotermales	Río Sucio	-85.019425	10.510046
		Manifestaciones Geotermales	Río Sucio	-85.02033	10.506428
		Manifestaciones Geotermales	Cuesta Arrepentidos	-84.967585	10.624982
		Manifestaciones Geotermales	Cuesta Arrepentidos	-84.967585	10.624982
		Manifestaciones Geotermales	Cabecera Río San Lorenzo	-84.992231	10.610917
		Manifestaciones Geotermales	Laguna Arenal	-84.964242	10.55356
		Manifestaciones Geotermales	Laguna Arenal	-84.915815	10.5532
		Manifestaciones Geotermales	Lago de Cote	-84.910828	10.574005
		Manifestaciones Geotermales	Laguna Arenal	-84.934097	10.557687
		Manifestaciones Geotermales	Finca Cote	-84.924126	10.599749
		Manifestaciones Geotermales	Finca Cote	-84.932375	10.612392
		Manifestaciones Geotermales	Río Sábalo	-84.989818	10.549892
		Manifestaciones Geotermales	Río Piedra	-84.97567	10.557154
		Manifestaciones Geotermales	Río Aguacate	-84.939594	10.56491



COSTA RICA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales		Manifestaciones Geotermales Salitral de Cañas	-85.072573	10.385153	
		Manifestaciones Geotermales Salitral de Cañas	-85.072573	10.385153	
		Manifestaciones Geotermales Finca San Juan	-85.173886	10.365462	
		Manifestaciones Geotermales Hotel	-85.124146	10.375987	
		Manifestaciones Geotermales Finca Salitral	-85.089454	10.379688	
		Manifestaciones Geotermales Salitral de San Miguel	-85.088528	10.374265	
		Manifestaciones Geotermales Salitral de Cañas	-85.072097	10.377016	
		Manifestaciones Geotermales Cerro Pelado Norte	-85.011402	10.391618	
		Manifestaciones Geotermales Cerro Pelado Norte	-85.011402	10.391618	
		Manifestaciones Geotermales Cerro Pelado Norte	-85.006366	10.385299	
		Manifestaciones Geotermales Cerro Pelado Oeste	-85.038305	10.375284	
		Manifestaciones Geotermales Cerro Pelado Sur	-85.012694	10.355901	
		Manifestaciones Geotermales Cerro Pelado Sur	-85.013151	10.355899	
		Manifestaciones Geotermales Líbano	-85.000497	10.416506	
		Manifestaciones Geotermales Finca San Luis	-85.00554	10.425989	
		Manifestaciones Geotermales Vergel	-85.032969	10.43904	
		Manifestaciones Geotermales Vergel	-85.039838	10.447162	
		Manifestaciones Geotermales Concepción	-85.055728	10.406439	
		Manifestaciones Geotermales Jabilla Arriba	-85.040199	10.405118	
		Manifestaciones Geotermales San Juan	-85.052966	10.396952	
		Manifestaciones Geotermales Río Magdalena	-85.078779	10.498159	
		Manifestaciones Geotermales Río Caca	-85.080145	10.496348	
		Manifestaciones Geotermales Río Tenorito	-85.141816	10.499362	
		Manifestaciones Geotermales Río Magdalena	-85.101557	10.473693	
		Manifestaciones Geotermales Quebrada Lajero	-85.110266	10.48633	
		Manifestaciones Geotermales Río Corobici	-85.126695	10.480864	
		Manifestaciones Geotermales Río Santa Rosa	-85.106549	10.461022	
		Manifestaciones Geotermales Montes de Oro	-85.079656	10.483238	
		Manifestaciones Geotermales Finca Mangos	-85.078783	10.499967	
		Manifestaciones Geotermales Río Caca	-85.020307	10.495578	
	Manifestaciones Geotermales Los Angeles	-85.019401	10.499197		



COSTA RICA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales		Manifestaciones Geotermales Fca Potrerillos	-85.541361	10.819976	
		Manifestaciones Geotermales Fca Potrerillos	-85.536372	10.830392	
		Manifestaciones Geotermales Fca Potrerillos	-85.539568	10.829024	
		Manifestaciones Geotermales Hda Mogote	-85.522187	10.827733	
		Manifestaciones Geotermales Hda Mogote	-85.513956	10.827763	
		Manifestaciones Geotermales Hda Manantiales	-85.513076	10.836808	
		Manifestaciones Geotermales Vado Esperanza	-85.553138	10.791451	
		Manifestaciones Geotermales Sitio La Dama	-85.561368	10.791419	
		Manifestaciones Geotermales Salitral Liberiaa	-85.470893	10.805317	
		Manifestaciones Geotermales Salitral Liberiaa	-85.471794	10.801697	
		Manifestaciones Geotermales Río Tizate	-85.441519	10.773775	
		Manifestaciones Geotermales Hda Borinquen	-85.414223	10.812747	
		Manifestaciones Geotermales C-3-11-NP-1	-85.403244	10.810975	
		Manifestaciones Geotermales C-7-12-NTP-1	-85.396728	10.777544	
		Manifestaciones Geotermales C-7-14-NTP-2	-85.376622	10.780323	
		Manifestaciones Geotermales C-7-14-NTP-1	-85.378447	10.779413	
		Manifestaciones Geotermales Fca Guachipelin	-85.343677	10.77184	
		Manifestaciones Geotermales Las Pailas	-85.344599	10.774097	
		Manifestaciones Geotermales C-8-17-Z-1	-85.350058	10.765943	
		Manifestaciones Geotermales C-8-17-Z-1	-85.350058	10.765943	
		Manifestaciones Geotermales Finca Santa María	-85.325357	10.7615	
		Manifestaciones Geotermales C-9-21-Z-1	-85.3162	10.757007	
		Manifestaciones Geotermales C-13-25-NP-1	-85.282261	10.720944	
		Manifestaciones Geotermales MV-17-27-NT-1	-85.298104	10.522887	
		Manifestaciones Geotermales Santa Cruz	-85.613313	10.302967	
		Manifestaciones Geotermales El Guayabal	-85.190942	10.757369	
		Manifestaciones Geotermales MI-10-8-NTP-1	-85.192758	10.752843	
		Manifestaciones Geotermales MI-10-8-NTP-2	-85.190016	10.752851	
		Manifestaciones Geotermales MI-11-8-NTP-1	-85.184503	10.74292	
		Manifestaciones Geotermales MI-11-7-NTP-1	-85.18449	10.738399	
		Manifestaciones Geotermales MI-9-7-NTP-1	-85.192696	10.73024	



Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica	Proyectos en operación	Ahuachapan	-89.81600	13.91800	95
	Proyectos en operación	Berlín	-88.50700	13.52200	109.4
	Sitios de Exploración	San Vicente	-88.82900	13.62300	
	Sitios de Exploración	Chinameca	-88.35700	13.50600	
	Sitios de Exploración	Cuyanausul	-89.74500	13.91800	
	Sitios en Reconocimiento	Coatepeque	-89.57100	13.87300	
	Sitios en Reconocimiento	Obrajuelo-Lempa	-88.66200	13.56500	
	Sitios en Reconocimiento	Chirilagua	-88.20700	13.29400	
	Sitios en Reconocimiento	Conchagua	-87.81200	13.27400	
Proyectos Geotérmicos de Uso Directo	Proyectos en operación	Termales de Santa Teresa	-89.8189	13.902	
	Proyectos en operación	Pasteurización de leche	-89.8181	13.9174	
	Proyectos en operación	Producción de velas	-89.8181	13.9174	
	Proyectos en operación	Termos del Río	-89.449	13.8145	
	Proyectos en operación	Secador de granos de café	-88.5087	13.5251	
	Proyectos en operación	Deshidratación de frutas a pequeña escala	-88.5087	13.5245	
	Sitios de exploración	Secado de granos de café Berlín: SECABE	-88.5018	13.5193	
Sitios en reconocimiento	Frío geotérmico	-87.8672	13.3017		
Manifestaciones Geotermiales	Manifestaciones Geotermiales	Nueva Trinidad	-88.803203	14.094062	
	Manifestaciones Geotermiales	Nueva Trinidad	-88.803233	14.094112	
	Manifestaciones Geotermiales	Nombre de Jesús	-88.739422	14.000927	
	Manifestaciones Geotermiales	Nombre de Jesús	-88.739011	14.000337	
	Manifestaciones Geotermiales	Nombre de Jesús	-88.732641	13.999137	
	Manifestaciones Geotermiales	San Ant. de la Cruz	-88.784103	14.020036	
	Manifestaciones Geotermiales	San Ant. Los Ranchos	-88.911666	13.995807	
	Manifestaciones Geotermiales	San Miguel de Mercedes	-88.938447	14.011886	
	Manifestaciones Geotermiales	El Paraíso el pueblo	-89.07311	14.104882	



EL SALVADOR

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	El Paraíso Santa Bárbara	-89.099691	14.070714	
	Manifestaciones Geotermales	El Paraíso Santa Bárbara	-89.099811	14.070463	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Salitre	-89.129191	14.15132	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Salitre	-89.129191	14.15132	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Salitre	-89.131502	14.159289	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Salitre	-89.131472	14.159429	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Salitre	-89.136996	14.15949	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Salitre	-89.13283	14.163657	
	Manifestaciones Geotermales	Carretera troncal del Norte, desvío a La Reina	-89.130885	14.154768	
	Manifestaciones Geotermales	Carretera troncal del Norte, desvío a La Reina	-89.130607	14.15449	
	Manifestaciones Geotermales	El Obrajuelo	-89.210887	14.134214	
	Manifestaciones Geotermales	El Obrajuelo	-89.210887	14.134492	
	Manifestaciones Geotermales	Aguacaliente	-89.228665	14.191155	
	Manifestaciones Geotermales	Aguacaliente	-89.226165	14.193655	
	Manifestaciones Geotermales	Nueva Concepción	-89.244194	14.093827	
	Manifestaciones Geotermales	Río Lempa, Ciudad Victoria	-88.657149	14.020156	
	Manifestaciones Geotermales	Los Conacastes, Las Vueltas	-88.851714	14.084153	
	Manifestaciones Geotermales	Cantón Tecomapa, Metapán	-89.531201	14.309372	
	Manifestaciones Geotermales	Cantón Tecomapa, Metapán	-89.530295	14.313389	
	Manifestaciones Geotermales	Hacienda Agua Caliente, Texistepeque	-89.457427	14.087065	
Manifestaciones Geotermales	Hacienda Agua Caliente, Texistepeque	-89.460527	14.089182		
Manifestaciones Geotermales	Sta. Rosa de Lima	-87.85822	13.618289		
Manifestaciones Geotermales	Sta. Rosa de Lima	-87.863198	13.609517		
Manifestaciones Geotermales	Sta. Rosa de Lima	-87.860147	13.603844		
Manifestaciones Geotermales	Crío. Los Guzmanes, Ctón. Algodón	-87.867968	13.638021		



Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Crío. Los Venturas, Cton. Algodón	-87.863644	13.62607	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Los Mojones	-87.876966	13.652462	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Los Mojones	-87.878586	13.644144	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Los Mojones	-87.87843	13.643863	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Los Mojones	-87.877942	13.6434	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Los Mojones	-87.87978	13.641718	
	Manifestaciones Geotermales	Sta. Rosa de Lima	-87.885687	13.631928	
	Manifestaciones Geotermales	Desvío Aguacaliente	-87.858104	13.619382	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Cañas, Crío. Zafrá	-87.894726	13.649577	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Cañas, Crío. Zafrá	-87.890239	13.646511	
	Manifestaciones Geotermales	Cantón Cañas	-87.895279	13.649942	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Cañas, Crío. Zafrá	-87.890037	13.646284	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Cañas, Crío. Zafrá	-87.889509	13.646427	
	Manifestaciones Geotermales	Cton. Cañas, Crío. Zafrá	-87.889447	13.645875	
	Manifestaciones Geotermales	Ctón. El Salitre, Anamorós	-87.88952	13.753675	
	Manifestaciones Geotermales	SR de Lima. Ctón. Algodón	-87.841737	13.624919	
	Manifestaciones Geotermales	Ctón. Cerro Pelón, Pasaquina	-87.824394	13.622306	
	Manifestaciones Geotermales	Río Amorós	-87.804873	13.673626	
	Manifestaciones Geotermales	Ctón. Sta. Rosita, Aguacaliente	-87.809144	13.706332	
	Manifestaciones Geotermales	Ctón. Sta. Rosita, Aguacaliente	-87.808	13.704067	
	Manifestaciones Geotermales	Ctón. Sta. Rosita, Aguacaliente	-87.804235	13.700894	
	Manifestaciones Geotermales	Ctón. Sta. Rosita, Aguacaliente	-87.805691	13.69997	
Manifestaciones Geotermales	Ctón. Sta. Rosita, Aguacaliente	-87.806711	13.701222		
Manifestaciones Geotermales	Ctón. Sta. Rosita, Aguacaliente	-87.806807	13.702262		



EL SALVADOR

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia	
Manifestaciones Geotermales		Manifestaciones Geotermales	Ctón. Sta. Rosita, Aguacaliente	-87.808625	13.702841	
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. Sta. Rosita, Aguacaliente	-87.806937	13.704034	
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. Sta. Rosita, Aguacaliente	-87.806252	13.704194	
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. Sta. Rosita, Aguacaliente	-87.805959	13.705403	
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. Sta. Rosita, Aguacaliente	-87.808925	13.702119	
		Manifestaciones Geotermales	Escuela Crío. Minitas, Ctón. Talpetate, Nva. Esparta	-87.801627	13.713671	
		Manifestaciones Geotermales	Escuela Tularcillo, Ctón. Talpetate, Nva. Esparta	-87.807352	13.740644	
		Manifestaciones Geotermales	Crío. Tularcillo, Ctón Talpetate, Nva. Esparta	-87.804956	13.744511	
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. Malalaja, Crío. Las Pilas, Polorós	-87.804271	13.757451	
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. Malalaja, Crío. Las Pilas, Polorós	-87.804218	13.758671	
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. Boquín, Crío. Agua Salada	-87.769392	13.727071	
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. Rosario, Pasaquina	-87.810661	13.570925	
		Manifestaciones Geotermales	Crío. El Lagarero, Pasaquina	-87.828176	13.547525	
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. San Eduardo, Crío. El Tular, Pasaquina	-87.833226	13.5577	
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. San Eduardo, Crío. El Lagarero, Pasaquina	-87.833722	13.548979	
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. Cerro Pelón, Crío. Quebrada Honda	-87.823053	13.594712	
		Manifestaciones Geotermales	Crío. Los Cárcamo, Pasaquina	-87.801587	13.572869	
	Manifestaciones Geotermales		-87.76769	13.460842		



Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. Tepemechín, Crío. Agua Caliente, Yucuayquín	-87.981801	13.564706
		Manifestaciones Geotermales	Balneario Atecozol, Nacimiento piscina principal, Izalco	-89.665439	13.74598
		Manifestaciones Geotermales	Csrio. El Tránsito, Ctón. Cuntan, Izalco	-89.648662	13.754793
		Manifestaciones Geotermales	Hda. Comalapa, Ctón. Suquiat	-89.66545	13.704193
		Manifestaciones Geotermales	Hda. Comalapa, Ctón. Suquiat	-89.67129	13.702966
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. Tres ceibas, Nahulingo	-89.700942	13.713567
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. La Reforma, Cdad. Arce (Sr. Alejandro Salazar)	-89.45043	13.815887
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. El Caulote, Cdad. Arce	-89.458604	13.819225
Manifestaciones Geotermales		Manifestaciones Geotermales	Ctón. El Caulote, Cdad. Arce	-89.457084	13.817619
		Manifestaciones Geotermales	Ctón. La Reforma, Cdad. Arce	-89.44931	13.815464
		Manifestaciones Geotermales	Carolina, San Miguel (GPS:CAR-1)	-88.314163	13.867453
		Manifestaciones Geotermales	Carolina, San Miguel (GPS:CAR-2)	-88.314117	13.867651
		Manifestaciones Geotermales	Carolina, San Miguel (GPS:CAR-3)	-88.313424	13.870162
		Manifestaciones Geotermales	Carolina, San Miguel (GPS:CAR-4)	-88.314552	13.870554
		Manifestaciones Geotermales	Carolina, San Miguel (GPS:CAR-5)	-88.314763	13.868033
		Manifestaciones Geotermales	Carolina, San Miguel (GPS:CAR-6)	-88.314968	13.867726
		Manifestaciones Geotermales	Carolina, San Miguel (GPS:CAR-7)	-88.314552	13.86749



EL SALVADOR

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Ctón. Zaragoza, Chinameca	88.370197	13.513021	
	Manifestaciones Geotermales	Ctón. Zaragoza, Chinameca	88.370224	13.513292	
	Manifestaciones Geotermales	Turicentro Moncagua	-88.248923	13.534347	
	Manifestaciones Geotermales	Turicentro Altos de la Cueva, San Miguel	-88.176484	13.500209	
	Manifestaciones Geotermales	Ctón. Managuara, Sesori, San Miguel	-88.434914	13.694266	
	Manifestaciones Geotermales	Crío. Agua Caliente, Sn. Antonio del Mosco, San Miguel	-88.254725	13.875433	
	Manifestaciones Geotermales	Crío. Agua Caliente, Sn. Antonio del Mosco, San Miguel	-88.254632	13.875776	
	Manifestaciones Geotermales	Ctón. El Tránsito, Toncatepeque	-89.116137	13.796034	
	Manifestaciones Geotermales	San José Guayabal, Cuscatlán	-89.091711	13.84282	
	Manifestaciones Geotermales	Crío. Agua Caliente, Ctón. El Caulote, Suchitoto	-88.99754	13.91212	
	Manifestaciones Geotermales	Río Araute, El Progreso	-88.217584	13.879448	
	Manifestaciones Geotermales	Crío. Palo Blanco, El Progreso, Torola	-88.225974	13.877315	
	Manifestaciones Geotermales	El Salto, Agua Caliente, Joateca, Morazán	-88.022	13.885374	
	Manifestaciones Geotermales	El Salto, Agua Caliente, Joateca, Morazán	-88.021997	13.886251	
	Manifestaciones Geotermales	Paso Juniguara, Agua Caliente, Río San Antonio (frontera), Joateca, Morazán	-88.02677	13.902043	
	Manifestaciones Geotermales	Hda. El Milagro, Caluco	-89.650623	13.725067	
Manifestaciones Geotermales	Los Salitres, Ahuachapán, margen izquierdo del río Paz	-89.911667	14.011167		



EL SALVADOR

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	El Salitre, Río Paz	-89.912083	14.011	
	Manifestaciones Geotermales	El Salitre, Río Paz	-89.919139	14.004139	
	Manifestaciones Geotermales	El Borbollón, cantón Río Frío	-89.833264	14.047662	
	Manifestaciones Geotermales	Cantón El Jicaral	-89.833403	14.047495	
	Manifestaciones Geotermales	Fuente La Ceiba	-89.798719	13.994631	
	Manifestaciones Geotermales	Fuente San Lorenzo	-89.795541	14.028857	
	Manifestaciones Geotermales	Los Toles, Ctón. El Rodeo, Caserío La Carrasposa	-89.956462	13.960611	
	Manifestaciones Geotermales	Lado sur del río Paz	-89.955628	13.960611	
	Manifestaciones Geotermales	Margen izquierda del río El Molino	-89.95649	13.961666	
	Manifestaciones Geotermales	Conton El Durazneño	-90.008094	13.940842	
	Manifestaciones Geotermales	Conton El Durazneño	-90.007875	13.941633	
	Manifestaciones Geotermales	Conton El Durazneño	-90.008158	13.941681	
	Manifestaciones Geotermales	Conton El Durazneño	-90.006244	13.941339	



Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica	Proyectos en operación	Orzunil	-91.50614	14.77409	24
	Proyectos en operación	Ortitlan	-90.60704	14.40881	25.2
	Sitios de Exploración	Moyuta	-90.14700	14.14800	
	Sitios de Exploración	San Marcos	-91.83700	15.00300	
	Sitios de Exploración	Tecuamburro	-90.47000	14.25100	
	Sitios de Exploración	Zunil II	-91.49500	14.79300	
	Sitios de Exploración	Proyecto El Ceibillo	-90.70000	14.38000	
	Sitios de Exploración	Planta Geotérmica El Ceibillo	-90.70000	14.38000	
	Sitios en Reconocimiento	Atitlán	-91.30900	14.77400	
	Sitios en Reconocimiento	Palencia	-90.44500	14.78400	
	Sitios en Reconocimiento	Motagua	-89.61500	15.05300	
	Sitios en Reconocimiento	Ayarza	-90.23500	14.53800	
	Sitios en Reconocimiento	Retana	-89.92900	14.49800	
	Sitios en Reconocimiento	Ixpeteque-Ipala	-89.73400	14.55800	
	Sitios en Reconocimiento	Los Achiotés	-90.30300	14.24000	
Sitios en Reconocimiento	Tonicapán	-91.47400	15.11800		
Proyectos Geotérmicos de Uso Directo	Proyectos en operación	Aguas Calientes Río Dulce	-88.84	15.79	
	Proyectos en operación	Aguas termales Finca El Paraíso	-89.21	15.59	
	Proyectos en operación	Aguas termales Santa Catarina Palopó	-91.13	14.72	
	Proyectos en operación	Aguas termales Cuevas de Andá Mirá	-89.94	14.06	
	Proyectos en operación	Aguas termales Castalia	-91.76	14.92	
	Proyectos en operación	Aguas termales El Brasilar	-89.35	14.83	
	Proyectos en operación	Geotérmico San Michkael	-90.6830184	14.4705152	
	Proyectos en operación	Termal Santa Teresita	-90.614986	14.484186	
	Proyectos en operación	Fuentes Georginas	-91.479971	14.749575	
	Proyectos en operación	Baños Termales Maya	-90.615175	14.481035	
Sitios en reconocimiento	Cantel	-91.460005	14.812964		



GUATEMALA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
		Manifestaciones Geotermales	-88.912101	15.778852	
		Manifestaciones Geotermales	-89.244577	15.595095	
		Manifestaciones Geotermales	-89.702246	15.306284	
		Manifestaciones Geotermales	-89.477194	15.037804	
		Manifestaciones Geotermales	-89.810947	14.985326	
		Manifestaciones Geotermales	-89.332309	14.916586	
		Manifestaciones Geotermales	-89.255986	14.611365	
		Manifestaciones Geotermales	-89.42545	14.695218	
		Manifestaciones Geotermales	-89.483663	14.478636	
		Manifestaciones Geotermales	-89.594031	14.293233	
		Manifestaciones Geotermales	-89.608042	14.604588	
		Manifestaciones Geotermales	-89.755853	14.59221	
		Manifestaciones Geotermales	-89.663471	14.449121	
		Manifestaciones Geotermales	-89.862447	14.681593	
		Manifestaciones Geotermales	-89.835443	14.561949	
Manifestaciones Geotermales		Manifestaciones Geotermales	-90.170859	14.49591	
		Manifestaciones Geotermales	-90.009175	14.123379	
		Manifestaciones Geotermales	-90.373016	14.206061	
		Manifestaciones Geotermales	-90.850557	14.484203	
		Manifestaciones Geotermales	-90.301953	14.814215	
		Manifestaciones Geotermales	-90.074552	14.742754	
		Manifestaciones Geotermales	-90.392913	15.000999	
		Manifestaciones Geotermales	-90.282055	15.171161	
		Manifestaciones Geotermales	-90.927304	14.783984	
		Manifestaciones Geotermales	-90.748226	14.575005	
		Manifestaciones Geotermales	-90.824974	14.844441	
		Manifestaciones Geotermales	-91.168918	14.390609	
		Manifestaciones Geotermales	-91.203028	14.624518	
		Manifestaciones Geotermales	-91.157547	14.786733	
		Manifestaciones Geotermales	-91.501491	14.794978	
		Manifestaciones Geotermales	-91.384948	14.902133	



GUATEMALA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
		Manifestaciones Geotermales	-91.123437	15.09433	
		Manifestaciones Geotermales	-91.112067	15.09433	
		Manifestaciones Geotermales	-90.890352	15.363114	
Manifestaciones Geotermales		Manifestaciones Geotermales	-92.01785	15.116285	
		Manifestaciones Geotermales	-92.01785	15.361652	
		Manifestaciones Geotermales	-91.894415	15.0868	
		Manifestaciones Geotermales	-91.799465	14.839128	
		Manifestaciones Geotermales	-92.070072	14.940066	
		Manifestaciones Geotermales	-91.395929	14.995103	
		Manifestaciones Geotermales	-91.467141	15.205947	
		Manifestaciones Geotermales	-91.604818	15.109718	
		Manifestaciones Geotermales	-91.619061	15.178457	



HONDURAS

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica	Proyectos en operación	Platanares	-88.95121	14.798924	35
	Sitios de Exploración	San Ignacio	-87.08600	14.67900	
	Sitios de Exploración	Azacualpa	-88.06000	14.70200	
	Sitios de Exploración	Pavana	-87.32100	13.40200	
	Sitios en Reconocimiento	Puerto Cortes	-87.93000	15.73700	
	Sitios en Reconocimiento	Sambo Creek	-86.62500	15.78200	
	Sitios en Reconocimiento	El Olivar	-87.642077	14.966352	
	Sitios en Reconocimiento	Namasigue	-87.18380	13.21640	
	Sitios en Reconocimiento	La Barca	-87.642077	14.966352	
Proyectos Geotérmicos de Uso Directo	Proyectos en operación	Aguas Termales Luna Jaguar	-89.1346	14.992	
	Proyectos en operación	El Presidente/ Pilas de Acrílica	-88.57	14.559	
	Proyectos en operación	Termas Jilamito	-87.317	15.586	
	Proyectos en operación	Termas del río Lodge	-88.596	14.664	
	Proyectos en operación	Aguas Termales de Trujillo	-88.596	15.974	
	Proyectos en operación	Aguas Termales La Paz	-87.707	14.324	
	Proyectos en operación	Aguas Termales de Santa Bárbara	-88.074	14.708	
	Proyectos en operación	Aguas termales del Cajón	-87.745	15.035	
	Proyectos en operación	Hervideros San Ignacio	-87.081	14.729	
	Proyectos en operación	Termales del río	-88.595	14.654	
	Proyectos en operación	Las Flores	-88.626	14.726	
	Proyectos en operación	Aguas Termales de Nacaome	-87.468	13.53	
	Proyectos en operación	Sambo Creek	-86.616	15.787	
	Sitios en reconocimiento	Quesillo Geotérmico-Pavana	-87.317	13.404	
	Sitios en reconocimiento	Resal-Nacaome	-87.46	13.534	
	Sitios en reconocimiento	Escuela Luis Landa- Nacaome	-87.472	13.542	
Sitios en reconocimiento	Namasugüe	-87.13	13.067		



HONDURAS

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales		Aramecina	-87.521	13.666	
		Aramecina	-87.511	13.694	
		Arenal	-86.909	15.423	
		Azacualpa-Río Guayambre	-86.09	14.478	
		Azacualpa-Río Guayambre	-86.081	14.467	
		Bahía Chismuyo	-87.566	13.485	
		Bahía Chismuyo	-87.528	13.492	
		Balfate	-86.301	15.812	
		Balfate	-86.405	15.754	
		Balfate	-86.369	15.751	
		Balfate	-86.32	15.784	
		Baracoa	-87.93	15.737	
		Baracoa	-87.819	15.744	
		Campamento	-86.588	14.611	
		Campamento	-86.545	14.563	
		Cedros	-87.12	14.653	
		Cedros	-87.091	14.663	
		Cedros	-87.055	14.653	
		Choloma	-87.901	15.58	
		Cifuentes	-86.055	14.069	
		Nacaome	-87.317	13.551	
		Valle	-87.374	13.499	
		Valle	-87.467	13.527	
		Colomoncagua	-88.465	13.939	
		Comayagua	-87.642	14.429	
		Comayagua	-87.715	14.366	
		La Paz	-87.705	14.338	
		Ocotepeque	-89.221	14.5	
		Concepcion del Norte	-88.244	15.278	



HONDURAS

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Copan-Ruinas	-89.144	14.973	
	Manifestaciones Geotermales	Copan-Ruinas	-89.133	14.973	
		Copan-Ruinas	-89.051	14.929	
	Manifestaciones Geotermales	Copan-Ruinas	-89.06	14.912	
	Manifestaciones Geotermales	Corocito	-85.801	15.723	
		Corocito	-85.91	15.728	
	Manifestaciones Geotermales	Corocito	-85.971	15.675	
		Corquin	-88.855	14.534	
	Manifestaciones Geotermales	Ocotepeque	-88.973	14.572	
		Ocotepeque	-88.96	14.518	
	Manifestaciones Geotermales	Ocotepeque	-88.956	14.591	
	Manifestaciones Geotermales	Curso Medio del Rio Paulaya	-85.183	15.652	
		Curso Medio del Rio Paulaya	-85.447	15.433	
	Manifestaciones Geotermales	Cuyamel-San Pedro Sula	-88.041	15.543	
	Manifestaciones Geotermales	Dulce Nombre	-88.802	14.864	
		Dulce Nombre	-88.802	14.878	
	Manifestaciones Geotermales	El Paraiso	-86.723	13.875	
	Manifestaciones Geotermales	El Paraiso	-86.594	13.937	
	Manifestaciones Geotermales	El Portal del Infierno	-85.909	14.403	
		El Portal del Infierno	-85.909	14.415	
	Manifestaciones Geotermales	El Porvenir	-87.073	14.69	
		El Rosario	-87.731	14.586	
	Manifestaciones Geotermales	Erandique	-88.321	14.275	
		Yamaranguila	-88.264	14.303	
	Manifestaciones Geotermales	Gracias	-88.561	14.551	
		Gracias	-88.599	14.491	
	Manifestaciones Geotermales	Copan	-88.746	14.608	
		Copan	-88.609	14.501	



HONDURAS

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Guarita	-88.911	14.208	
	Manifestaciones Geotermales	Guarita	-88.854	14.18	
	Manifestaciones Geotermales	Guarita	-88.855	14.19	
	Manifestaciones Geotermales	Guarita	-88.856	14.2	
	Manifestaciones Geotermales	Guarita	-88.808	14.161	
	Manifestaciones Geotermales	Guarita	-88.81	14.316	
	Manifestaciones Geotermales	Ilanga	-86.079	15.713	
	Manifestaciones Geotermales	Jimia	-87.054	15.412	
	Manifestaciones Geotermales	Jutiapa	-86.641	15.776	
	Manifestaciones Geotermales	Jutiapa	-86.544	15.753	
	Manifestaciones Geotermales	La Bacadia	-85.536	14.783	
	Manifestaciones Geotermales	La Bacadia	-85.516	14.808	
	Manifestaciones Geotermales	La Campana	-88.599	14.509	
	Manifestaciones Geotermales	La Colonia	-85.457	15.288	
	Manifestaciones Geotermales	La Esperanza	-88.177	14.311	
	Manifestaciones Geotermales	La Esperanza	-88.025	14.25	
	Manifestaciones Geotermales	La Iguala	-88.273	14.612	
	Manifestaciones Geotermales	La Libertad	-87.641	14.699	
	Manifestaciones Geotermales	La Libertad	-87.635	14.714	
	Manifestaciones Geotermales	La Libertad	-87.676	14.764	
	Manifestaciones Geotermales	La Libertad	-87.753	14.76	
	Manifestaciones Geotermales	La Libertad	-87.657	14.716	
	Manifestaciones Geotermales	La Masica	-87.191	15.594	
	Manifestaciones Geotermales	La Masica	-87.172	15.6	
	Manifestaciones Geotermales	La Masica	-87.165	15.598	
	Manifestaciones Geotermales	La Masica	-87.078	15.625	
	Manifestaciones Geotermales	Langue	-87.512	13.505	
	Manifestaciones Geotermales	Langue	-87.507	13.536	
	Manifestaciones Geotermales	La Paz	-87.711	14.32	
	Manifestaciones Geotermales	La Paz	-87.604	14.302	
	Manifestaciones Geotermales	La Paz	-87.606	14.297	



HONDURAS

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
	Manifestaciones Geotermiales	La Paz	-87.647	14.256	
	Manifestaciones Geotermiales	La Paz	-87.679	14.237	
	Manifestaciones Geotermiales	La Tablazon	-87.745	13.998	
	Manifestaciones Geotermiales	Francisco Morazan	-87.58	14.026	
	Manifestaciones Geotermiales	La Union	-88.33	14.807	
	Manifestaciones Geotermiales	Lempira	-88.356	14.709	
	Manifestaciones Geotermiales	La Virtud	-88.61	14.04	
	Manifestaciones Geotermiales	La Virtud	-88.637	14.033	
	Manifestaciones Geotermiales	La Virtud	-88.662	14.014	
	Manifestaciones Geotermiales	Cortes	-87.744	15.033	
	Manifestaciones Geotermiales	Lepaera	-88.741	14.701	
	Manifestaciones Geotermiales	Lepaera	-88.626	14.698	
	Manifestaciones Geotermiales	Lepaguare	-86.416	14.514	
	Manifestaciones Geotermiales	Macuelizo, Valle de Quimistan	-88.552	15.23	
Manifestaciones Geotermiales	Manifestaciones Geotermiales	Manto	-86.491	14.887	
	Manifestaciones Geotermiales	Manto	-86.258	14.903	
	Manifestaciones Geotermiales	Marcala	-88.14	14.058	
	Manifestaciones Geotermiales	Mercedes de Oriente	-87.949	13.897	
	Manifestaciones Geotermiales	Mercedes de Oriente	-87.874	13.907	
	Manifestaciones Geotermiales	Mezapa	-87.66	15.587	
	Manifestaciones Geotermiales	Minas de Oro	-87.279	14.677	
	Manifestaciones Geotermiales	Comayagua	-87.446	14.803	
	Manifestaciones Geotermiales	Montaña de Botaderos	-86.266	15.478	
	Manifestaciones Geotermiales	Montañuelas	-87.721	14.85	
	Manifestaciones Geotermiales	Montañuelas	-87.728	14.858	
	Manifestaciones Geotermiales	Moroceli	-86.928	14.05	
	Manifestaciones Geotermiales	El Paraiso	-86.89	14.084	
	Manifestaciones Geotermiales	Potrillos	-86.779	14.001	
	Manifestaciones Geotermiales	Morilica	-86.961	13.534	



HONDURAS

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Morilica	-86.97	13.53	
	Manifestaciones Geotermales	Morilica	-86.967	13.534	
	Manifestaciones Geotermales	Morilica	-86.844	13.625	
	Manifestaciones Geotermales	Naranjito	-88.647	14.916	
	Manifestaciones Geotermales	Nueva Armenia	-87.131	13.794	
	Manifestaciones Geotermales	El Paraiso	-87.103	13.687	
	Manifestaciones Geotermales	El Paraiso	-87.089	13.691	
	Manifestaciones Geotermales	Nueva Ocotepeque	-89.226	14.406	
	Manifestaciones Geotermales	Nueva Ocotepeque	-89.169	14.488	
	Manifestaciones Geotermales	Nueva Ocotepeque	-89.123	14.46	
	Manifestaciones Geotermales	Ojojona	-87.472	13.846	
	Manifestaciones Geotermales	Opatoro	-87.856	14.07	
	Manifestaciones Geotermales	Orocuina	-87.241	13.442	
	Manifestaciones Geotermales	Orocuina	-87.098	13.425	
	Manifestaciones Geotermales	Orocuina	-87.098	13.425	
	Manifestaciones Geotermales	Orocuina	-87.081	13.479	
	Manifestaciones Geotermales	Parumble	-86.496	14.817	
	Manifestaciones Geotermales	Piraera	-88.429	14.093	
	Manifestaciones Geotermales	Piraera	-88.42	14.083	
	Manifestaciones Geotermales	Pueblo Viejo	-86.504	15.305	
	Manifestaciones Geotermales	Punta Sal	-87.688	15.851	
	Manifestaciones Geotermales	Rio Aguan	-87.246	15.183	
	Manifestaciones Geotermales	Rio Lean	-87.318	15.572	
	Manifestaciones Geotermales	Rio Lindo	-87.953	15.103	
	Manifestaciones Geotermales	Rio Lindo	-87.894	15.144	
	Manifestaciones Geotermales	Rio Lindo	-87.874	15.129	
	Manifestaciones Geotermales	Rio Negro	-88.03	13.907	
	Manifestaciones Geotermales	Rio Tocoa	-85.977	15.668	
	Manifestaciones Geotermales	Sabanagrande	-87.263	13.713	
	Manifestaciones Geotermales	Saba-Tocoa	-86.152	15.662	
	Manifestaciones Geotermales	San Andres	-88.69	14.182	



HONDURAS

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	San Antonio del Norte	-87.726	13.88	
	Manifestaciones Geotermales	San Antonio del Norte	-87.734	13.988	
	Manifestaciones Geotermales	Francisco Morazan	-87.521	13.845	
	Manifestaciones Geotermales	San Buena Ventura	-87.047	13.829	
	Manifestaciones Geotermales	San Esteban	-85.877	15.227	
	Manifestaciones Geotermales	San Francisco	-87.206	15.746	
	Manifestaciones Geotermales	San Isidro	-88.076	14.659	
	Manifestaciones Geotermales	Intibuca	-88.156	14.596	
	Manifestaciones Geotermales	Intibuca	-88.057	14.588	
	Manifestaciones Geotermales	San Jose de Colinas	-88.341	15.014	
	Manifestaciones Geotermales	San Jose de Rio Tinto	-85.545	14.836	
	Manifestaciones Geotermales	San Juan	-88.447	14.418	
	Manifestaciones Geotermales	San Juan	-88.384	14.374	
	Manifestaciones Geotermales	San Juan	-88.355	14.347	
	Manifestaciones Geotermales	San Lorenzo	-87.35	13.398	
	Manifestaciones Geotermales	San Lorenzo	-87.323	13.399	
	Manifestaciones Geotermales	San Lorenzo	-87.338	13.398	
	Manifestaciones Geotermales	San Lorenzo	-87.317	13.407	
	Manifestaciones Geotermales	Valle	-87.37	13.431	
	Manifestaciones Geotermales	Valle	-87.382	13.457	
	Manifestaciones Geotermales	Valle	-87.38	13.462	
	Manifestaciones Geotermales	Valle	-87.375	13.467	
	Manifestaciones Geotermales	San Lucas	-86.789	13.832	
	Manifestaciones Geotermales	San Marcos	-88.262	15.259	
	Manifestaciones Geotermales	San Marcos Ocatepeque	-88.902	14.37	
	Manifestaciones Geotermales	La Laguna / Sensenti	-88.918	14.473	
	Manifestaciones Geotermales	La Laguna	-88.943	14.451	
Manifestaciones Geotermales	San Nicolas	-88.298	14.878		



HONDURAS

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermiales	Manifestaciones Geotermiales	San Nicolas	-88.302	14.871	
	Manifestaciones Geotermiales	Matasano	-87.808	14.214	
	Manifestaciones Geotermiales	San Pedro de Zacapa	-88.176	14.728	
	Manifestaciones Geotermiales	San Pedro de Zacapa	-88.133	14.714	
	Manifestaciones Geotermiales	San Pedro de Zacapa	-88.13	14.701	
	Manifestaciones Geotermiales	San Pedro de Zacapa	-88.074	14.704	
	Manifestaciones Geotermiales	San Pedro de Zacapa	-88.205	14.777	
	Manifestaciones Geotermiales	San Pedro de Zacapa	-88.19	14.775	
	Manifestaciones Geotermiales	Santa María	-87.113	13.02	
	Manifestaciones Geotermiales	Santa María	-87.124	13.041	
	Manifestaciones Geotermiales	Santa María	-87.111	13.024	
	Manifestaciones Geotermiales	Santa María	-87.011	13.034	
	Manifestaciones Geotermiales	Santa María	-87.012	13.028	
	Manifestaciones Geotermiales	Santa Rosa Copan	-88.928	14.757	
	Manifestaciones Geotermiales	Santa Rosa Copan	-88.922	14.755	
	Manifestaciones Geotermiales	Tegucigalpa	-87.204	14.14	
	Manifestaciones Geotermiales	Teupasenti	-86.511	14.305	
	Manifestaciones Geotermiales	Trujillo	-85.903	15.931	
	Manifestaciones Geotermiales	Vallecillo	-87.317	14.643	
	Manifestaciones Geotermiales	Comayagua	-87.327	14.643	
	Manifestaciones Geotermiales	Valle de Naco	-88.018	15.419	
	Manifestaciones Geotermiales	Villa de San Francisco	-86.909	14.3	
	Manifestaciones Geotermiales	Villanueva	-87.845	15.209	
	Manifestaciones Geotermiales	Cortes	-87.893	15.162	
	Manifestaciones Geotermiales	Yoro	-87.884	15.192	
	Manifestaciones Geotermiales	Yorito	-87.435	15.003	
	Manifestaciones Geotermiales	Yuscaran	-86.776	13.853	
	Manifestaciones Geotermiales	Zambrano	-87.349	14.223	
	Manifestaciones Geotermiales	Ocotepeque	-89.269	14.539	



NICARAGUA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica	Proyectos en operación	Momotombo	-86.54400	12.40200	77.5
	Proyectos en operación	San Jacinto-Tizate	-86.77900	12.61100	77
	Sitios de Exploración	Casita-San Cristobal	-86.94600	12.69000	
	Sitios de Exploración	Volcán Cosigüina	-87.54000	12.97200	
	Sitios de Exploración	Volcán Mombacho	-85.96200	11.81200	
	Sitios de Exploración	Caldera de Apoyo	-86.07000	11.90400	
	Sitios de Exploración	El Hoyo-Monte Galán	-86.63200	12.48200	
	Sitios de Exploración	Managua-Chiltepe	-86.32900	12.24400	
	Sitios en Reconocimiento	Volcán Telica-El Ñajo	-86.81800	12.64100	
	Sitios en Reconocimiento	Tipitapa	-86.09600	12.19500	
Sitios en Reconocimiento	Caldera de Masaya	-86.13700	12.01900		
Sitios en Reconocimiento	Isla de Ometepe	-85.61500	11.51100		
Proyectos Geotérmicos de Uso Directo	Proyectos en operación	Centro médico	-86.281	12.5	
	Proyectos en operación	Termales Tipitapa	-86.092	12.205	
	Proyectos en operación	Termales Aguas Claras	-85.813	12.413	
	Proyectos en operación	Termales Santa Rita	-85.815	12.411	
	Sitios en reconocimiento	Telica Norte	-86.821	12.636	
	Sitios en reconocimiento	Telica Sur	-86.803	12.553	
Sitios en reconocimiento	Mateare	-86.392	12.198		
Sitios en reconocimiento	Tipitapa	-86.08	12.182		
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Piedra Blanca	-86.284	12.477	
	Manifestaciones Geotermales	San Luis	-86.278	12.48	
	Manifestaciones Geotermales	San Luis	-86.279	12.49	
	Manifestaciones Geotermales	San Luis	-86.279	12.49	
	Manifestaciones Geotermales	San Luis	-86.279	12.491	
	Manifestaciones Geotermales	Aguas Calientes	-86.735	13.011	
	Manifestaciones Geotermales	Aguas Calientes	-86.734	13.012	
	Manifestaciones Geotermales	Sobre Río Grande	-86.734	13.002	
	Manifestaciones Geotermales	Sobre Río Grande	-86.726	13.007	
	Manifestaciones Geotermales	Sobre Río Grande	-86.734	13.008	



NICARAGUA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
		Manifestaciones Geotermales Quebrada Honda	-86.075	12.376	
		Manifestaciones Geotermales El Playón	-86.104	12.428	
		Manifestaciones Geotermales Tierra Blanca	-86.156	12.448	
		Manifestaciones Geotermales San Antonio	-86.134	12.384	
		Manifestaciones Geotermales San Antonio	-86.133	12.384	
		Manifestaciones Geotermales San Antonio	-86.133	12.383	
		Manifestaciones Geotermales San Antonio	-86.132	12.383	
		Manifestaciones Geotermales San Antonio	-86.133	12.383	
		Manifestaciones Geotermales San Antonio	-86.132	12.382	
		Manifestaciones Geotermales Cuisala	-86.105	12.377	
		Manifestaciones Geotermales Cuisala	-86.1	12.379	
		Manifestaciones Geotermales Cuisala	-86.099	12.382	
		Manifestaciones Geotermales Cuisala	-86.097	12.378	
		Manifestaciones Geotermales Cuisala	-86.095	12.376	
		Manifestaciones Geotermales	-86.085	12.377	
Manifestaciones Geotermales		Manifestaciones Geotermales	-86.085	12.374	
		Manifestaciones Geotermales	-86.075	12.376	
		Manifestaciones Geotermales	-86.078	12.386	
		Manifestaciones Geotermales Quebrada Honda	-86.073	12.375	
		Manifestaciones Geotermales Quebrada Honda	-86.073	12.374	
		Manifestaciones Geotermales Quebrada Honda	-86.069	12.37	
		Manifestaciones Geotermales Quebrada Honda	-86.071	12.375	
		Manifestaciones Geotermales Quebrada Honda	-86.071	12.377	
		Manifestaciones Geotermales Quebrada Honda	-86.069	12.382	
		Manifestaciones Geotermales Loma Playa Grande	-87.282	12.871	
		Manifestaciones Geotermales Fumarola Aguas Frías 1	-86.827	12.626	
		Manifestaciones Geotermales Fumarola Aguas Frías 2	-86.828	12.627	
		Manifestaciones Geotermales Aguas Frías	-86.828	12.625	
		Manifestaciones Geotermales Aguas Frías	-86.828	12.63	
		Manifestaciones Geotermales Aguas Frías	-86.828	12.63	



NICARAGUA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermiales		Ojo de Agua	-86.813	12.643	
		Fumarola El Ñajo	-86.809	12.637	
		El Ñajo	-86.808	12.638	
		El Ñajo	-86.808	12.638	
		Hervideros San Jacinto	-86.778	12.584	
		El Jicarito	-86.835	12.54	
		El Jicarito	-86.834	12.535	
		Los Salgados-El Ojochal	-86.793	12.56	
		Lotificación Bismarck M.	-86.847	12.539	
		La Libertad	-86.859	12.532	
		Los Cocos	-86.869	12.53	
		Comunidad El Esfuerzo CAP	-86.388	12.233	
		Comunidad Lidia Saavedra	-86.366	12.223	
		Comunidad Gossen	-86.351	12.211	
		CAP El Esfuerzo	-86.379	12.175	
		San Andrés de las Palancas CAP	-86.408	12.172	
		La Palanca CAP	-86.412	12.195	
		La Palanca CAP	-86.396	12.234	
			-86.396	12.233	
			-86.395	12.232	
			-86.382	12.251	
		René Nuñez	-86.399	12.209	
		Ciudad Doral	-86.386	12.203	
		Matadero El Cacique	-86.366	12.201	
		Residencial Vistas del Momotombo	-86.393	12.223	
		Finca Jamaica	-86.047	12.165	
		Industria del cacao Bean and Co.	-86.034	12.16	



NICARAGUA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales		Manifestaciones Geotermales	Bo. Rigoberto López	-86.033	12.168
		Manifestaciones Geotermales	La Majada- ENACAL	-86.091	12.173
		Manifestaciones Geotermales	Jorge Salazar - ENACAL	-86.087	12.167
		Manifestaciones Geotermales	El Zapotal	-86.118	12.161
		Manifestaciones Geotermales	Finca El Platanar	-86.08	12.213
		Manifestaciones Geotermales	Villa Solidaridad	-86.082	12.208
		Manifestaciones Geotermales	La Carbonera	-86.037	12.179
		Manifestaciones Geotermales	Orilla quebrada Pichicha	-86.038	12.178
		Manifestaciones Geotermales	Finca Oro Verde	-86.137	12.139
		Manifestaciones Geotermales	Finca Ministerio AWA	-86.137	12.136
		Manifestaciones Geotermales	Finca Ministerio AWA	-86.135	12.136
		Manifestaciones Geotermales	Bo. Roberto Vargas	-86.093	12.2
		Manifestaciones Geotermales	Bo. Roberto Vargas	-86.093	12.2
		Manifestaciones Geotermales	Las Piscinas	-85.833	12.433
		Manifestaciones Geotermales	Río Zapomeca	-85.844	12.428
		Manifestaciones Geotermales	Aguas Calientes	-86.565	13.642
		Manifestaciones Geotermales	Río Aguas Calientes	-86.191	13.864
		Manifestaciones Geotermales	Río Aguas Calientes	-86.189	13.863
		Manifestaciones Geotermales	Aguas Calientes Chiquitas	-86.187	13.77
		Manifestaciones Geotermales	Lomas Aguas Calientes	-86.198	13.773
		Manifestaciones Geotermales	Finca El Diamante	-85.23	13.478
		Manifestaciones Geotermales	Finca La Unión	-85.257	13.465
		Manifestaciones Geotermales	Waswalita	-85.165	13.628
		Manifestaciones Geotermales	Las Maravillas	-84.337	11.099
		Manifestaciones Geotermales	El Basurero	-84.476	11.044
		Manifestaciones Geotermales	El Tule	-84.719	11.408
		Manifestaciones Geotermales	Quebrada Aguas Calientes	-85.372	12.155
		Manifestaciones Geotermales	Cerca Río Carca	-85.349	12.125



NICARAGUA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales	Aguas Calientes	-85.369	12.153	
	Manifestaciones Geotermales	Granja Avícola	-85.347	12.14	
	Manifestaciones Geotermales	El Ñambar	-85.15	12.031	



Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica	Sitios de Exploración		-82.68400	8.86500	
	Sitios de Exploración		-80.35000	8.75300	
	Sitios de Exploración		-80.17700	8.71300	
	Sitios de Exploración		-79.94600	8.66300	
	Sitios en Reconocimiento		-81.75700	7.47500	
	Sitios en Reconocimiento		-80.93500	8.62400	
	Sitios en Reconocimiento		-80.97800	8.52600	
	Sitios en Reconocimiento		-80.86400	8.51300	
	Sitios en Reconocimiento		-80.78600	8.60000	
	Sitios en Reconocimiento		-80.67200	8.44500	
	Sitios en Reconocimiento		-80.62200	8.66700	
	Sitios en Reconocimiento		-80.67400	7.48700	
	Sitios en Reconocimiento		-80.67400	7.39400	
	Sitios en Reconocimiento		-80.57700	7.37700	
Sitios en Reconocimiento		-80.49300	7.32500		
Proyectos Geotérmicos de Uso Directo	Proyectos en operación	Pozos Termales	-80.137	8.6	
	Proyectos en operación	Pozos Termales de Caldera	-82.349	8.666	
	Proyectos en operación	PISCINAS TERMALES EL VALLE DE ANTÓN	-80.138	8.598	
	Proyectos en operación	Pozo de Aguas Termales	-80.607	7.455	
	Proyectos en operación	Posos termales de Galique	-81.919	8.321	
	Proyectos en operación	Pozos Termales de Silla de Pando	-82.693	8.868	
	Proyectos en operación	Parque de pozos termales	-80.519	8.073	
	Proyectos en operación	Alltum Miramar	-80.34	8.509	
	Proyectos en operación	Paraiso Escondido La Abuela	-82.356	8.634	
Proyectos en operación	Anton Valley Hotel	-80.135	8.606		
Manifestaciones Geotermales	Manifestaciones Geotermales		-82.784	9.368	
	Manifestaciones Geotermales		-82.319	8.727	
	Manifestaciones Geotermales		-82.454	8.675	



Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Manifestaciones Geotermiales		Manifestaciones Geotermiales	-82.581	8.501	
		Manifestaciones Geotermiales	-82.463	8.499	
		Manifestaciones Geotermiales	-82.03	8.363	
		Manifestaciones Geotermiales	-81.769	8.278	
		Manifestaciones Geotermiales	-81.45	8.489	
		Manifestaciones Geotermiales	-81.236	8.149	
		Manifestaciones Geotermiales	-80.951	8.337	
		Manifestaciones Geotermiales	-80.716	7.782	
		Manifestaciones Geotermiales	-79.786	8.838	
		Manifestaciones Geotermiales	-79.641	9.552	
		Manifestaciones Geotermiales	-77.663	8.653	
		Manifestaciones Geotermiales	-77.918	7.296	
		Manifestaciones Geotermiales	-77.833	7.515	



REPÚBLICA DOMINICANA

Inventario Regional SICA

Tipo	Estado	Nombre	Longitud	Latitud	Potencia
Proyectos Geotérmicos de Energía Eléctrica	Sitios en Reconocimiento	La Tina-Guayabal	-70.78744	18.77698	
	Sitios de Exploración	La Tina-Guayabal	-70.803	18.776	
Proyectos Geotérmicos de Uso Directo	Sitios en Reconocimiento	Canoa	-71.169	18.368	
	Sitios en Reconocimiento	San José de las Matas	-70.899	19.242	
	Sitios en Reconocimiento	Magueyal	-70.994	18.578	
Manifestaciones Geotermiales	Manifestaciones Geotermiales	La Surza - Yayas	-70.95	18.593	
	Manifestaciones Geotermiales	San Simón de Tamayo	-71.001	18.524	
	Manifestaciones Geotermiales	Vuelta Grande - Salada 2	-71.044	18.526	
	Manifestaciones Geotermiales	La Surza La Jagua - Dajai	-71.32	18.981	
	Manifestaciones Geotermiales	Las Matas de Farfán	-71.689	19.083	
	Manifestaciones Geotermiales	Pedro Santana	-71.68	19.096	
	Manifestaciones Geotermiales	La Ret	-71.689	19.083	
	Manifestaciones Geotermiales	Rastrillo - Banica	-71.699	19.074	
	Manifestaciones Geotermiales	Tabacal - Banica	-71.695	19.075	
	Manifestaciones Geotermiales	Canoa - Surza Japonesa	-71.172	18.368	
	Manifestaciones Geotermiales	Poza de Guanarate	-71.178	18.511	
	Manifestaciones Geotermiales	Ranchería alta - Cerro de agua caliente	-70.927	18.376	
	Manifestaciones Geotermiales	Galindo	-70.944	18.388	
	Manifestaciones Geotermiales	Aguas calientes - San José de las Matas (varias emergencias cerca del río Bao)-1	-70.898	19.243	
	Manifestaciones Geotermiales	Aguas calientes - San José de las Matas (varias emergencias cerca del río Bao)-3	-70.898	19.243	

**Sistema de Integración Centroamericana
Unidad de Coordinación Energética (UCE-SG SICA)**

Final Bulevar Cancillería, Distrito El Espino, Ciudad Merliot, Antiguo Cuscatlán,
La Libertad, El Salvador, Centroamérica

Teléfono: +503 2248-8802

Correo electrónico: atencion.ucesica@sica.int

www.sica.int

San Salvador, Mayo 2022.

Todos los derechos reservados, SICA 2021.

Diseño portada: PBS Nicaragua

Maquetación: PBS Nicaragua

Imprime: PBS Nicaragua

Impreso en Nicaragua / Printed in Nicaragua



SICA

Sistema de la Integración
Centroamericana



Con el apoyo de

cooperación
alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT



Desarrollo • Libertad • Democracia • Paz

