

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES



RECURSOS GEOTÉRMICOS DE GUATEMALA



24 calle 21-12 zona 12, Guatemala
Teléfono: (502) 2419-6363
www.mem.gob.gt



Guatemala, Marzo de 2015

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO 1	
INSTITUCIONES, GOBIERNO Y LEGISLACIÓN ACTUAL	
1.1 Instituto Nacional de Electrificación –INDE-	5
1.2 Ley General de Electricidad (Decreto No. 93-96)	5
CAPITULO 2	
CONCEPTOS BÁSICOS	
2.1 Energía Geotérmica	7
2.2 Recurso Geotérmico	8
2.3 Yacimiento Geotérmico	8
2.4 Modelo Conceptual	8
2.5 Manifestaciones Superficiales	8
2.6 Litología	8
2.7 Geofísica	9
2.8 Geoquímica	9
CAPITULO 3	
ETAPAS DE UN PROYECTO GEOTÉRMICO	
3.1 Reconocimiento	10
3.2 Prefactibilidad	11
3.3 Factibilidad	11
3.4 Desarrollo y Construcción	11

CAPITULO 4	
PRINCIPIOS Y AVANCE DE LA GEOTERMIA EN GUATEMALA	12

CAPITULO 5
RECURSOS GEOTÉRMICOS DE GUATEMALA

5.1 Áreas con Manifestaciones Superficiales	16
5.2 Áreas con Estudio a Nivel Regional	17
5.3 Áreas con Estudios Preliminares	21
5.4 Áreas a Nivel de Prefactibilidad	24
5.5 Proyectos a Nivel de Factibilidad	43
5.6 Plantas Geotérmicas Instaladas	51
CONCLUSIÓN	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	
Avance de los Campos Geotérmicos de Guatemala	69
Mapa de Áreas con Potencial Geotérmico y Ubicación de Centrales Generadoras con Energía Geotérmica	73

INTRODUCCIÓN

El Departamento de Energías Renovables –DER- de la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas, cumpliendo su función de establecer y proponer mecanismos de recopilación, almacenamiento, administración y divulgación de la información relativa a energía renovable establecido en el artículo 5 inciso g del reglamento interno de la Dirección General de Energía –DGE-, crea el catálogo de recursos geotérmicos de Guatemala como producto de divulgación del conocimiento que en la actualidad se tiene de la energía geotérmica en Guatemala.

Para la elaboración del presente catálogo se ha recopilado y actualizado datos existentes de los campos que se han estudiado desde el año de 1972 por parte del INDE con ayuda extranjera los cuales dieron inicio a los estudios para la determinación de este recurso con el fin de producir energía eléctrica, cabe mencionar que algunas áreas de interés han sido muy poco exploradas y se tiene una notable falta de información sobre estos, hecho que supone que las conclusiones e interpretaciones que puedan extraerse tengan un marcado carácter preliminar.

En el Capítulo 1 se describen las instituciones responsables de regular las actividades geotérmicas dentro del país. Como también el marco legal para el desarrollo de los recursos geotérmicos.

El Capítulo 2 hace una introducción a una serie de conceptos básicos que se utilizan dentro de las actividades geotérmicas.

El Capítulo 3 realiza descripciones de las etapas de un proyecto geotérmico, las cuales son: reconocimiento, prefactibilidad, factibilidad, desarrollo y construcción.

El Capítulo 4 refiere los principios y avances de la Geotermia dentro del país, hace una breve historia de las actividades geotérmicas que se han realizado y las instituciones que han aportado para el desarrollo de las mismas.

Por último el Capítulo 5 describe cada uno de los recursos geotérmicos de Guatemala, estos se han clasificado en campos y áreas de interés geotérmicos en función a su nivel de desarrollo para la generación de energía eléctrica.

CAPITULO 1

INSTITUCIONES, GOBIERNO Y LEGISLACIÓN ACTUAL

1.1 Instituto Nacional de Electrificación -INDE-

Según acuerdo gubernativo 842-92 se declararon áreas de reserva nacional geotérmica las zonas de Zunil, Amatitlán, San Marcos, Moyuta y Tecuamburro con el objeto de asegurar al Estado por medio del INDE el aprovechamiento racional del recurso geotérmico con fines de generación eléctrica, por esto el INDE ha realizado investigaciones geotérmicas a nivel regional y actualmente el Estado ejecuta operaciones geotérmicas a través de ésta Institución.

1.2 Ley General de Electricidad (Decreto No. 93-96)

La ley general de Electricidad norma el desarrollo de las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad, fue adoptada en noviembre de 1996 y finaliza el monopolio del INDE mediante la privatización de la generación de electricidad y la distribución en Guatemala.

La ley también creo la **Comisión Nacional de Energía Eléctrica - CNEE-** y estableció la condición para formación de un mercado libre basado en el mercado al por mayor (Mercado Mayorista -MM-) el cual fue inaugurado en octubre de 1998. De acuerdo a esta ley, la inversión geotermal debería de obtener la autorización previa del Ministerio de Energía y Minas

Además, actualmente también existe una ley en donde se establecen incentivos fiscales y económicos para las empresas que se dedican a la

actividad de proyectos de energía renovable, emitida en el decreto 52-2003 en octubre del 2003 denominada: **Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, Decreto 52-2003**. Y se rige según su reglamento en el Acuerdo Gubernativo No. 211-2005.

Esta ley otorga estos beneficios fiscales luego de un análisis técnico por parte del **Departamento de Energías Renovables -DER-** de la **Dirección General de Energía -DGE-** del MEM. 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.

CAPITULO 2

CONCEPTOS BÁSICOS

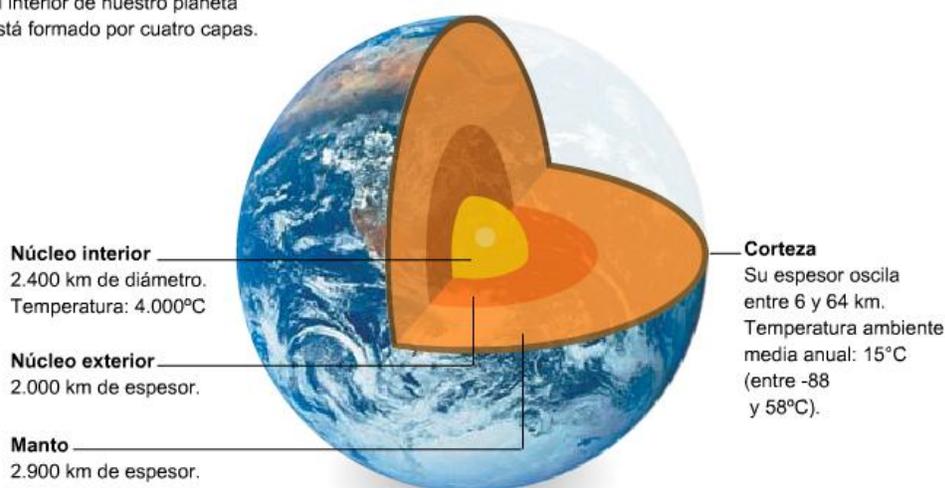
2.1 ENERGÍA GEOTÉRMICA

Es la energía derivada del calor interno de la tierra, provocado por la desintegración de isótopos radioactivos, los movimientos diferenciales entre las distintas capas que constituyen la Tierra y el calor latente de cristalización del núcleo externo.

ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

Estructura de la Tierra

El interior de nuestro planeta está formado por cuatro capas.



El calor está contenido en la roca y el fluido (que llena las fracturas y poros en la roca) en la corteza terrestre, según la zona geográfica la temperatura es diferente y determina el posible aprovechamiento energético.

2.2 RECURSO GEOTÉRMICO

Término que engloba la porción de calor desprendido desde el interior de la tierra que puede ser aprovechado por el hombre con las técnicas actuales.

2.3 YACIMIENTO GEOTÉRMICO

Recurso que tiene las condiciones favorables (geológicas y geotérmicas) para que se pueda explotar de forma económica.

2.4 MODELO CONCEPTUAL

Es la representación esquemática de la estructura y composición geológica de la zona de estudio y subsuelo, de la localización y geometría de la fuente de calor, el reservorio geotérmico, las líneas de flujo de los fluidos y el sistema de recarga del mismo. Este es elaborado por un equipo de expertos en geotermia y con base en la información compilada por las diferentes disciplinas.

2.5 MANIFESTACIONES SUPERFICIALES

Son todas aquellas manifestaciones en superficie que pueden indicar altas temperaturas en el subsuelo, por ejemplo las fumarolas y aguas termales.

2.6 LITOLOGÍA

Parte de la geología que estudia la composición y origen de las rocas, en la exploración geotérmica es muy importante reconocer los tipos de materiales que conforman el modelo geotérmico. Los estudios de geología superficial buscan determinar las zonas que han sido afectadas por fluidos geotérmicos y que presentan alteraciones hidrotermales; así como la localización, tipo, rumbo y buzamiento de las fallas geológicas.

2.7 GEOFÍSICA

Estudia la estructura y composición del subsuelo hasta varios kilómetros de profundidad, el estudio se basa en anomalías y contraste de las propiedades magnéticas, eléctricas y de densidad que tienen relación con el contenido de agua y la composición de las rocas. Los métodos más utilizados en la exploración geotérmica son: gravimetría, magnetometría, magnetotelúrica, geoelectrica y sísmica.

2.8 GEOQUÍMICA

La geoquímica es un medio útil para determinar las propiedades de un sistema geotérmico como temperatura, contenido de vapor o agua, homogeneidad, la fuente de recarga y la presencia de gases magmáticos.

CAPITULO 3

ETAPAS DE UN PROYECTO GEOTÉRMICO

El desarrollo de un proyecto geotérmico incluye la realización de distintas etapas al igual que cualquier otro proyecto energético, excepto porque no se puede comprobar la existencia de un recurso geotérmico hasta que se ejecute la etapa de factibilidad en la cual se realizan exploraciones exploratorias.

ETAPAS DEL PROYECTO GEOTÉRMICO



Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015.

3.1 RECONOCIMIENTO

En esta etapa se realizan investigaciones regionales como campañas geológicas, muestreo de aguas, medición de temperaturas de suelos y comportamiento de campos eléctricos y magnéticos emanados en forma

natural de la tierra, esto para determinar, delimitar y comprobar la existencia de zonas con potencial geotérmico.

3.2 PREFACTIBILIDAD

Consiste en determinar el potencial existente del recurso geotérmico, la posible localización de la fuente de calor y el reservorio (modelo conceptual). También se establece la viabilidad técnica y ambiental del desarrollo de un campo geotérmico. Las actividades inician con el levantamiento cartográfico, la realización de los estudios técnicos básicos (geología, geoquímica, geología, hidrogeología) y culminan con la elaboración del Modelo Geotérmico Conceptual y la selección de sitios para perforación exploratoria.

3.3 FACTIBILIDAD

El objetivo principal de esta etapa es localizar y llegar al reservorio por medio de perforaciones exploratorias para poder obtener fluidos geotérmicos y evaluar la calidad y cantidad disponible del recurso para la generación de energía, también se realizan los análisis de viabilidad técnica, económica y ambiental del proyecto, además de realizar los diseños requeridos y planear el desarrollo del campo geotérmico y la planta de generación.

3.4 DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN

En esta etapa se construye la planta y obras asociadas (líneas de conducción de agua y vapor, vías de acceso, subestación, línea, etc.), su principal objetivo es el inicio de la operación comercial.

CAPITULO 4

PRINCIPIOS Y AVANCE DE LA GEOTERMIA

EN GUATEMALA

Desde los años de 1970's la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) que en ese año era la Agencia de Cooperación Tecnológica con el Extranjero (OTCA por sus siglas en inglés), trabajó con el INDE (Instituto Nacional de Electrificación) para determinar los recursos geotérmicos en Guatemala.

En 1982 el INDE con la cooperación de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) definió trece áreas con potencial geotérmico de las cuales cinco fueron declaradas áreas de reserva nacional, estas áreas fueron; Zunil, Amatitlán, San Marcos, Moyuta y Tecumburro, localizados en los departamentos de Quetzaltenango, Guatemala, San Marcos, Jutiapa y Santa Rosa respectivamente y fueron concesionadas al INDE para el aprovechamiento racional del recurso geotérmico con fines de generación eléctrica.

El área de Moyuta fue el primero en ser estudiado por presentar fuertes manifestaciones superficiales, en 1975 se perforaron dos pozos exploratorios los cuales presentaron muy bajas temperaturas por lo que las exploraciones se centraron en las áreas de Zunil y más tarde Amatitlán, luego de los estudios de reconocimiento en estas áreas se perforaron pozos de exploración de pequeño diámetro, debido a estos resultados Zunil y Amatitlán recibieron la mayor prioridad.

A partir del año de 1996 luego de la promulgación de la Ley General de Electricidad se abren las puertas para que empresas privadas puedan explorar y aprovechar el recurso geotérmico para generar energía eléctrica, el INDE también forma su propia empresa de generación para seguir desarrollando los

campos que tiene a su cargo. La primera planta de energía geotérmica en Guatemala fue instalada en Amatitlán en octubre de 1998 y tenía la capacidad de generar 5 MW.

Actualmente existen dos plantas geotérmicas de producción continua de energía eléctrica a cargo de las empresas Orzunil I de Electricidad Limitada en el área de Zunil y Ortitlán limitada en el área de Amatitlán ambas con una capacidad de generación de 25.2 MW.

Además en los últimos años empresas privadas tales como U.S. Geothermal Guatemala S.A y Goldcorp han pedido autorización al MEM para realizar trabajos de exploración en diferentes áreas en las cuales buscan la posibilidad de desarrollar proyectos para la generación de energía eléctrica.

CAPITULO 5

RECURSOS GEOTÉRMICOS

DE GUATEMALA

Para éste catálogo vamos a dividir los campos y áreas de interés geotérmicos en función a su nivel de desarrollo para la generación de energía eléctrica.

5.1 ÁREAS CON MANIFESTACIONES SUPERFICIALES

- a) La Memoria
- b) Momostenango Sacapulas-Zacualpa
- c) Chimaltenango
- d) Atitlán
- e) Sanarate
- f) Monjas
- g) Zacapa
- h) Camotán
- i) Granados
- j) Esquipulas
- k) Tajumulco
- l) Quiché
- m) Polochic- Agua Caliente
- n) San Marcos-Tacaná
- o) San Marcos-Malacatán
- p) Polochic-Cantún
- q) Polochic-Livingston

5.2 ÁREAS CON ESTUDIOS A NIVEL REGIONAL

- a) Atitlán
- b) Palencia
- c) Motagua
- d) Ayarza
- e) Retana
- f) Ixpeteque-Ipala
- g) Los Achiotes

5.3 ÁREAS CON ESTUDIOS PRELIMINARES

- a) Área geotérmica de Totonicapán

5.4 ÁREAS A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD

- a) Área geotérmica de Moyuta
- b) Área geotérmica de San Marcos
- c) Área geotérmica de Tecuamburro
- d) Área geotérmica Zunil II

5.5 PROYECTOS A NIVEL DE FACTIBILIDAD

- a) Proyecto geotérmico El Ceibillo
- b) Proyecto geotérmico Mita

5.6 PLANTAS GEOTÉRMICAS INSTALADAS

- a) Campo geotérmico Ortitlán
- b) Campo geotérmico Orzunil I

5.1 ÁREAS CON MANIFESTACIONES SUPERFICIALES

Existen otras áreas en algunas partes del país con manifestaciones geotérmicas que solamente se han mencionado y no poseen ninguna clase de estudios, en ellas las manifestaciones supondrían la existencia de algún yacimiento geotérmico.

Estas áreas se han identificado por existir algunos balnearios con aguas termales o haber encontrado estas aguas en alguna perforación de pozos mecánicos en busca de agua potable o riego, de esta manera forman parte de un inventario de manifestaciones geotérmicas que posee el país.

CRONOLOGÍA

1982. OLADE realiza una campaña de investigación sobre las manifestaciones termales de Guatemala.

- La Memoria
- Momostenango
- Sacapulas-Zacualpa
- Chimaltenango
- Atitlán
- Sanarate
- Monjas
- Zacapa
- Camotán
- Granados
- Esquipulas
- Tajumulco
- Quiché
- Polochic- Agua Caliente
- San Marcos-Tacaná
- San Marcos-Malacatán
- Polochic-Cantún
- Polochic-Livingston

5.2 ÁREAS CON ESTUDIOS A NIVEL REGIONAL

a) ÁREAS CON ESTUDIOS A NIVEL REGIONAL

Además de las áreas ya estudiadas y con mayor información, existen otras de las cuales únicamente se tiene estudios a nivel de reconocimiento regional (10,000-100,000 Km²) identificadas a principios de los 70's con la ayuda del INDE y JICA, de las cuales se tienen únicamente estudios geoquímicos, geológicos y geotermómetros.

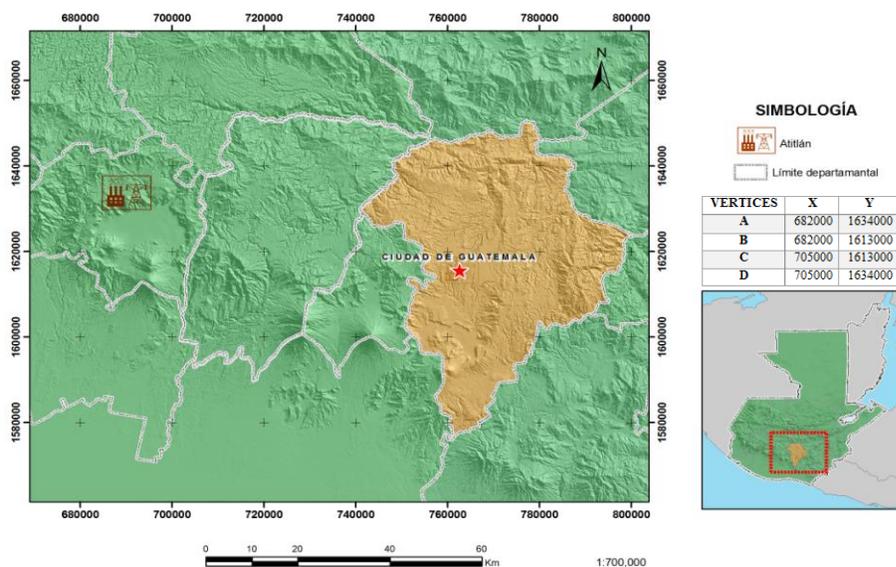
CRONOLOGÍA

- **1972.** Exploración preliminar del INDE con fondos de la Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (JICA).

➤ ATITLÁN:

En los alrededores del lago de Atitlán, temperatura: 186°C.

LOCALIZACIÓN



Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015

➤ **PALENCIA:**

A 20 km de la ciudad de Guatemala en el municipio de Palencia, temperatura: 204⁰C.



➤ **MOTAGUA:**

A las orillas de río Motagua cuanto este atraviesa el departamento de Zacapa, asociada a una falla trascurrente del Motagua. Temperatura: 160⁰C.



➤ **AYARZA:**

En los alrededores de la laguna Ayarza, Santa Rosa. Temperatura: 182⁰C.



➤ **RETANA:**

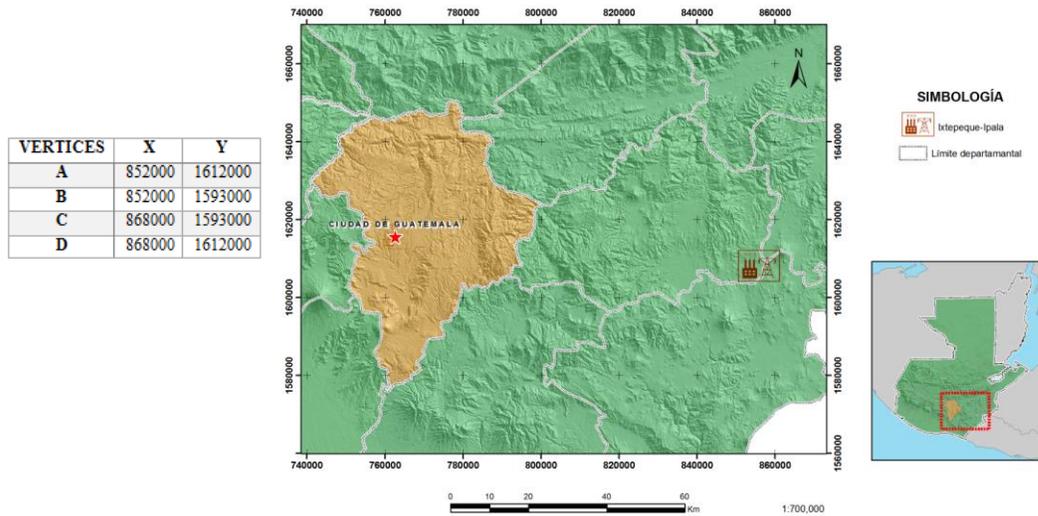
Cercano al volcán Suchitán, en la laguna la Retana del departamento de Jutiapa. Temperatura: 155⁰C.



➤ **IXPETEQUE-IPALA:**

En los alrededores del volcán de Ipala en el departamento de Chiquimula.
Temperatura: 155⁰C.

LOCALIZACIÓN

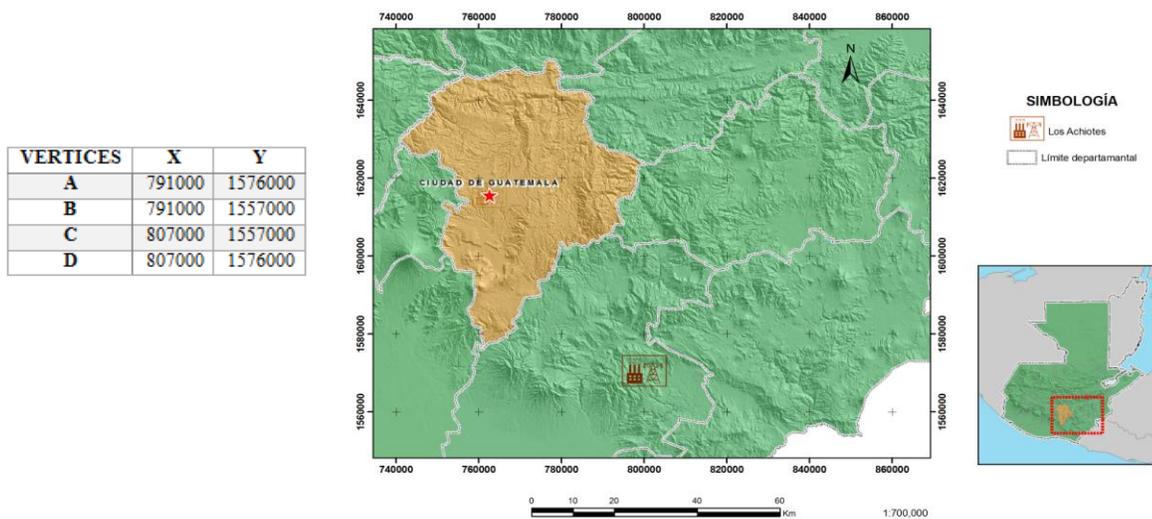


Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015

➤ **LOS ACHIOTES:**

Al este del área geotérmica de Tecuamburro. Temperatura: 155⁰C.

LOCALIZACIÓN



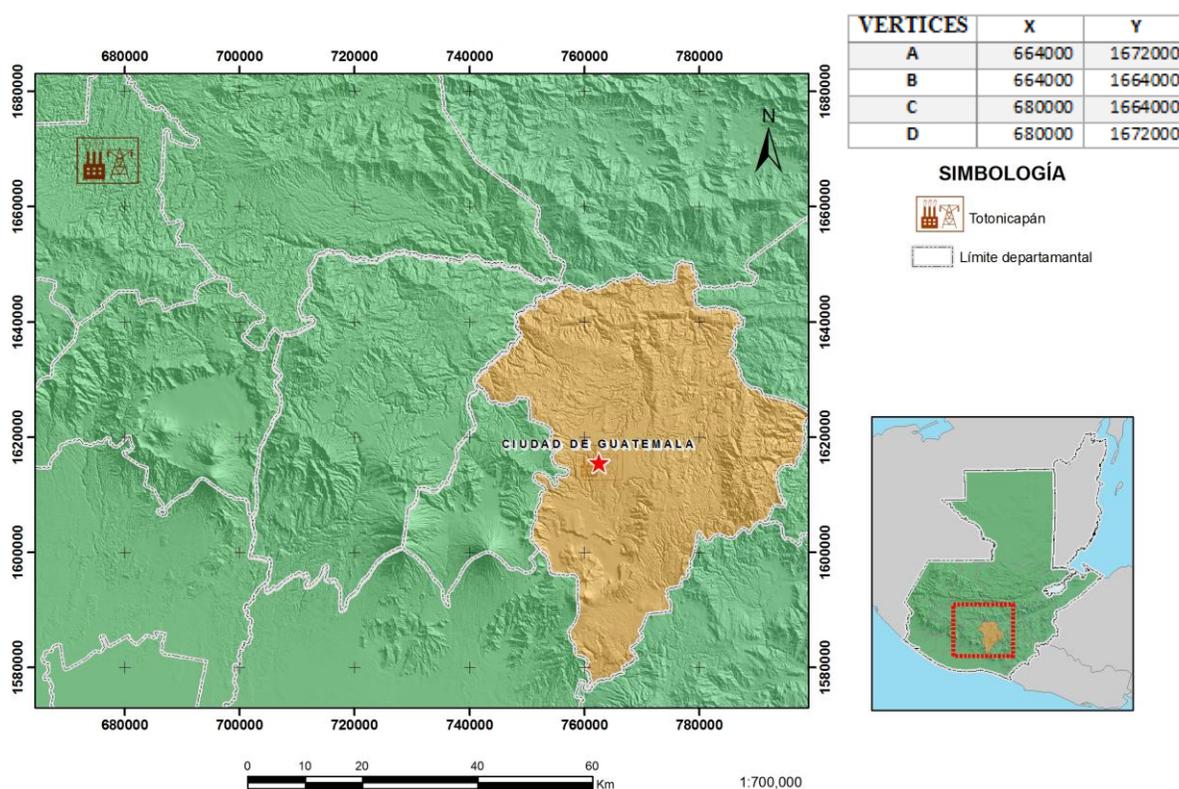
Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015

5.3 ÁREAS CON ESTUDIOS PRELIMINARES

a) ÁREA GEOTÉRMICA TOTONICAPÁN

El área geotérmica de Totonicapán está localizada en el municipio de Momostenango del departamento de Totonicapán a 230 km de la ciudad de Guatemala.

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA GEOTÉRMICA TOTONICAPÁN



Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015

DATOS TÉCNICOS

Potencial Estimado	50 MW (Preliminar)
Pozos	
Del reservorio:	
Temperatura promedio	265 ⁰ C
Profundidad asumida	-?--
Propietario	INDE

Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015

CRONOLOGÍA

- **1993.** Se identifica el área como prioritaria con la cooperación de IAEA.
- **1996.** Se completaron estudios geológicos y geoquímicos
- **1997.** Se recolectan muestras para análisis isotópicos por parte de IAEA de (Vienna, Austria) y se realizó una evaluación geoquímica preliminar.
- **1998.** Se realizan estudios geofísicos de gravimetría y magnetometría.

ESTADO ACTUAL

La estimación del potencial de esta área está pendiente, además los técnicos del INDE recomendaron estudios adicionales para evaluar a detalle las características del sistema geotermal y confirmar la existencia de un reservorio.

MODELO CONCEPTUAL (probable)

El vulcanismo reciente, la presencia de una caldera volcánica y distintas manifestaciones termales en toda la extensión del área además de otras estructuras geológicas permitirían la migración y ascensión de fluidos geotérmicos calientes, indicando así la existencia de un recurso geotermal.

ESTUDIOS ESPECÍFICOS REALIZADOS

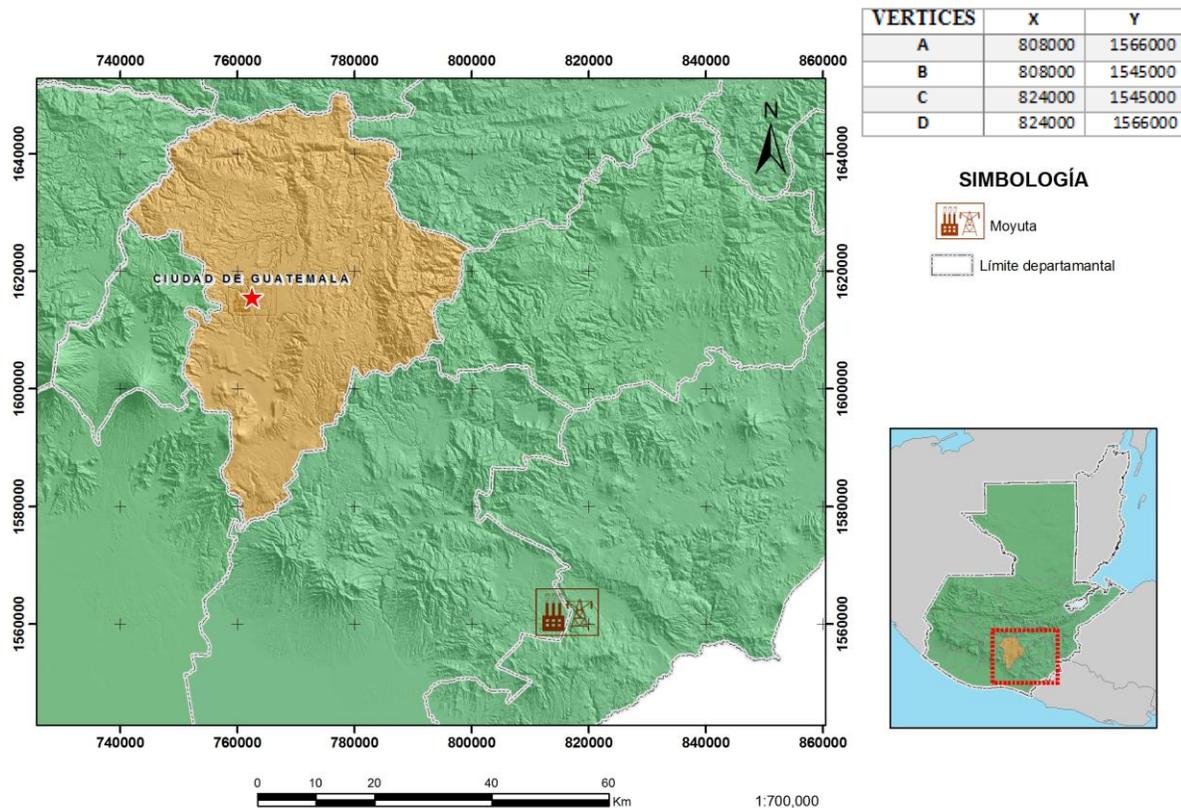
- **Geofísica.** Gravimétrica y magnetometría.
- **Geoquímica.** Las temperaturas máximas esperadas son del orden de los 265°C.
- **Registro de pozos.** En esta área no se ha perforado ningún pozo.

5.4 ÁREAS A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD

a) ÁREA GEOTÉRMICA MOYUTA

El área de Moyuta fue la primera estudiada en Guatemala, se localiza en el departamento de Jutiapa en el sureste del país a 115 km de la ciudad de Guatemala.

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA GEOTÉRMICA MOYUTA



Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015.

DATOS TÉCNICOS

Potencial Estimado	30 MW
Pozos	12 de diámetro reducido, 2 de diámetro comercial
Del reservorio: Temperatura promedio Profundidad (asumida)	114 ⁰ -210 ⁰ C 1500-2000 m. (Hidrogeología)
Propietario	INDE

Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015.

CRONOLOGÍA

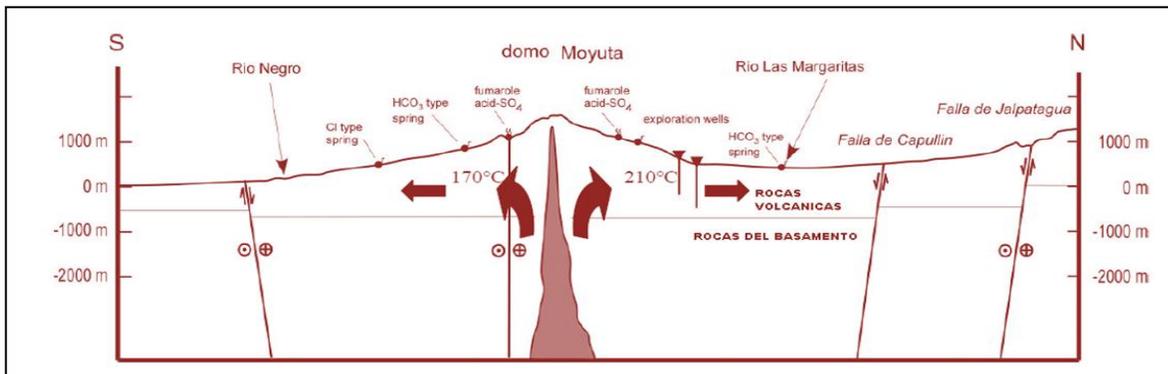
- **1972.** Investigación geotérmica por el INDE cubriendo un área de 1000 km².
- **1974.** Estudio de prefactibilidad cubriendo un área de 330 km².
- **1975.** Electroconsult de Italia es contratado para completar el estudio de factibilidad preliminar, para ello se perforaron 12 exploratorios y 2 de diámetro comercial a lo largo de un área de 10 km². Se concluye que esta área no tiene buenos prospectos para la generación de energía y buscan otra área adicional para estudiar.
- **1976.** Se suspenden las actividades en Moyuta para estudiar otra área más promisoría (Zunil).
- **1987.** INDE comienza un estudio del campo en cooperación con LANL (Los Alamos National Laboratory)
- **1990 y 1991.** LANL re-evalúa el recurso con geoquímica y datos isotópicos, el modelo geotermal creado indica la existencia de dos reservorios de fluidos geotermales.

ESTADO ACTUAL

Actualmente solo se cuenta con el estudio de prefactibilidad del campo elaborado por Electroconsult de Italia, además de la re-evaluación por parte de LANL (Los Alamos National Laboratory) de nuevo México Estados Unidos con datos geoquímicos e isotópicos.

El estudio de LANL indica la existencia de dos sistemas de fluidos geotermales en donde se podrían realizar perforaciones con mejores expectativas cerca de las fallas con tendencia norte y el eje volcánico cuaternario (Volcán Moyuta).

MODELO CONCEPTUAL



Fuente: Instituto Italo-Latino Americano -IILA-, *Estado Actual Y Desarrollo De Los Recursos Geotérmicos En Centroamérica*. Versión Pdf. San Salvador, Pisa, San José. 2010.

El área de geotérmica de Moyuta tiene un sistema de recarga local por aguas meteóricas que se infiltran y se calientan a altas temperaturas cerca del eje de la actividad volcánica (Volcán Moyuta).

Son dos subsistemas convectivos y laterales que constituyen el recurso, en la parte norte del domo se considera la temperatura del fluido de 210°C y en la parte sur de 170°C.

LITOLOGÍA

La secuencia volcánica asociada está constituida por lavas porfíricas y tobas andesíticas calco-alcalinas con doble piroxeno. Además una franja de domos de composición andesítica a dacítica y domos colada de andesitas ácidas correspondientes a la última fase de la actividad volcánica de Moyuta.

El basamento del Moyuta consiste en aglomerados oscuros a los que se sobreponen coladas tabulares de andesitas con grandes fisuras e intercalaciones de brechas, aglomerados y rocas sedimentarias. Al norte de Moyuta el basamento parece presentar un brusco cambio litológico que parece estar relacionado con un sistema de fallas que delimitan el graben de Jalpatagua.

ESTUDIOS ESPECÍFICOS REALIZADOS

- **Geofísica.** Se utilizaron de métodos geofísicos de resistividad geoelectrica DC arreglo Schlumberger (SEV), Dipolo-dipolo, y gravimetría estándar.

Se han realizado más de 152 SEV y 70 km de perfiles dipolo-dipolo en diferentes etapas por la Dirección General de Minas e hidrocarburos y el INDE con supervisión de Electroconsult.

También se han realizado estudios de gravimétrica estándar en 200 km² (mediciones en 425 puntos), además se han realizado mapas de anomalías de bouguer y anomalía residual permitiendo identificar tres rasgos estructurales importantes: un horst local dentro del horst regional de Azulco, Un sistema de lineamientos estructural en dirección NE-SW en la parte sureste del área de estudio y otro sistema local en dirección NW-SE.

- **Geoquímica.** Las manifestaciones termales en el área están representadas por manantiales termales bicarbonatados, sulfatados ácidos y más raramente tipo neutral cloruro sódico.

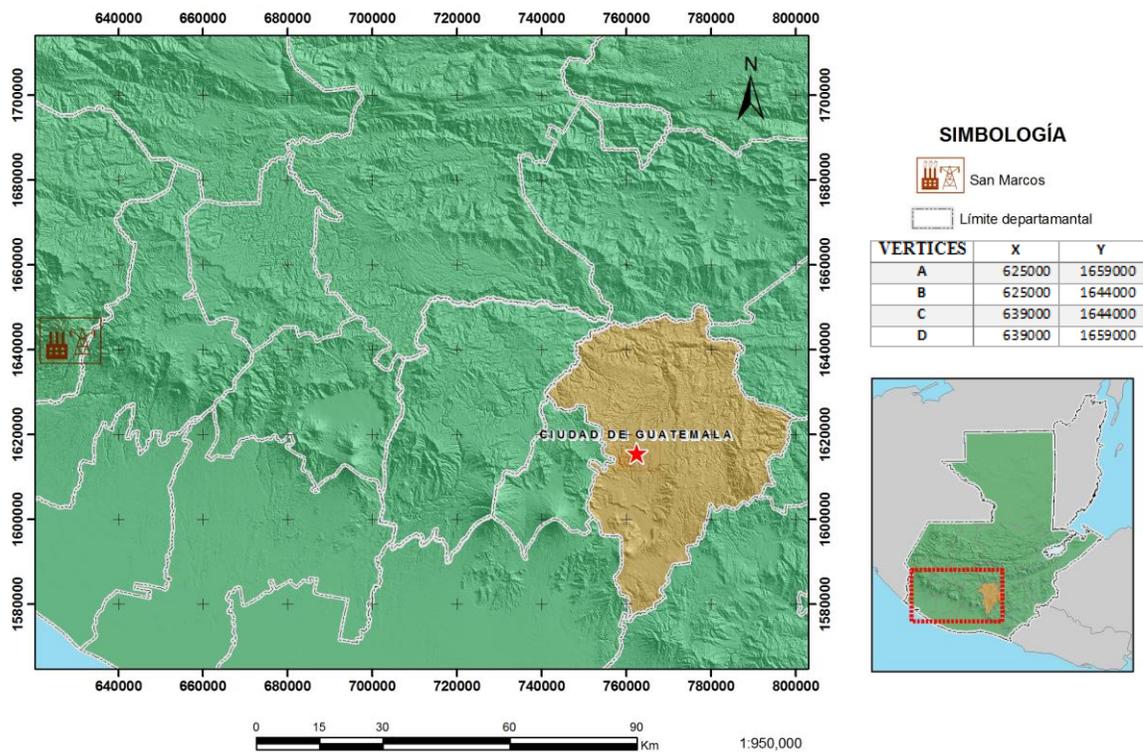
Los estudios de geotermómetros indicaron temperaturas profundas en el rango de 140°-175°C (Na-K-Ca) y de 180°C (SiO₂).

- **Registro de pozos.** Se perforaron 12 pozos de diámetro reducido y dos pozos de diámetro comercial (INDE-1 con 97°C entre 400 y 600 m y en el pozo INDE-2 con 114°C a 200 m de profundidad).

b) ÁREA GEOTÉRMICA SAN MARCOS

El área se localiza en el caserío La Castalia de la aldea Rancho Padre, municipio de San Cristóbal Cucho, departamento de San Marcos, al occidente del país muy cercano a la frontera mexicana a 250 km al oeste de la ciudad capital.

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA GEOTÉRMICA SAN MARCOS



Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015.

DATOS TÉCNICOS

Potencial Estimado	24-50 MW
Pozos	---
Del reservorio:	
Temperatura promedio	225 ⁰ -255 ⁰ C
Profundidad (asumida)	1800-2000 m.
Propietario	INDE

Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015.

CRONOLOGÍA

- **1981.** Reconocimiento a nivel regional por el INDE
- **1993.** El INDE y la Comunidad Económica Europea comienzan el estudio de prefactibilidad.
- **1995.** El estudio de prefactibilidad que incluye geología, geoquímica y geofísica indican la posibilidad de la existencia de un recurso de temperatura entre los 300°C.

ESTADO ACTUAL

Actualmente solo se cuenta con el estudio de prefactibilidad por técnicos de la unión europea y no se ha perforado ningún pozo aunque ya se tienen definidos los blancos de perforación.

MODELO CONCEPTUAL (preliminar)

La Caldera de San Marcos es el rasgo estructural predominante, tiene forma elíptica irregular con un eje mayor de aproximadamente 12 km y un

eje menor de 9 km, ocupa la extremidad occidental de un graben orientado NO-SE.

Además de las fallas relacionadas a la Caldera San Marcos existen tres sistemas principales de fallas normales con rumbos E-O, NO-SE, NE-SO.

Las áreas de alteración hidrotermal están ubicadas alrededor de los manantiales Río Palatzá, Cimarrona y La Castalia presentado un control tectónico por los sistemas de fallas antes mencionadas, en particular por las de rumbo E-O.

La fuente de calor más probable del sistema geotérmico de San Marcos es la cámara magmática relacionada a la creación de los ocho domos coalescentes y domos colada de San Cristóbal Cucho. Las formaciones que pueden constituir el reservorio, por presentar una permeabilidad secundaria importante son las andesitas Terciarias del basamento de la caldera y/o los granitos y granodioritas.

LITOLOGÍA

La mayor parte del área está constituido por rocas plutónicas tipo granito a granodiorita relacionadas con la actividad ígnea que acompaña la Orogénesis que afecta todo el continente americano, además de rocas volcánicas más recientes.

ESTUDIOS ESPECÍFICOS REALIZADOS

- **Geofísica.** Se han utilizado estudios de prospección geofísica como resistividad DC (Schlumberger) que en los años 84-87, 94-95 se realizaron un total de 72, además en el año de 1995 se hicieron un total de 248 estaciones gravimétricas y 241 mediciones magnéticas, estos

estudios dieron como resultado una extensa anomalía gravimétrica y magnética negativa que corresponde a la Caldera San Marcos y su relleno piroclástico.

- **Geoquímica.** Los estudios muestran la existencia de fluidos geotérmicos profundos de composición típica cloruro sódica con bajo nivel de cloruro, el reservorio se cree alimentado por un 75% de aguas meteóricas y 25 % de aguas magmáticas andesíticas.

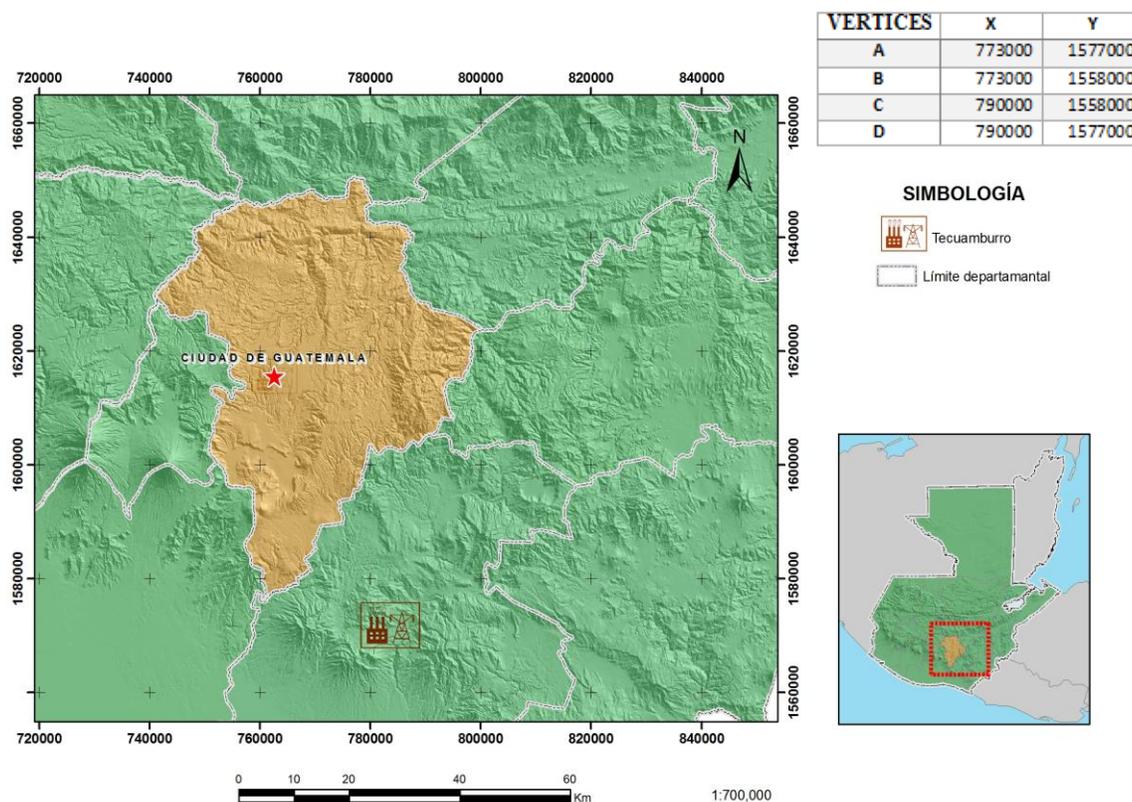
Las temperaturas geoquímicas fueron medidas en manantiales en el área de la Cimarrona y la Castalia que están en el rango de 225°C a 255°C, además de obtener con baja concentración en CO₂ y concentraciones en cloruros en el rango 550 a 750 mg/l.

- **Registro de pozos.** Aun no se ha perforado en esta área aunque ya se tienen los blancos de perforación.

c) **ÁREA GEOTÉRMICA TECUAMBURRO**

El área geotérmica de Tecuamburro se localiza en el municipio de Pueblo Nuevo Viñas del departamento de Santa Rosa a 80 km al sureste de la ciudad de Guatemala, área muy cercana al volcán Tecuamburro.

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA GEOTÉRMICA TECUAMBURRO



Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015.

DATOS TÉCNICOS

Potencial Estimado	50 MW
Pozos	1 exploratorio
Del reservorio:	
Temperatura promedio	165 ⁰ -300 ⁰ C
Profundidad asumida	2,000 m (Estudios MT)
Propietario	INDE

Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015.

CRONOLOGÍA

- **1980.** Primeros estudios realizados por el INDE en conjunto con OLADE.
- **1984 a 1986.** Estudio de prefactibilidad realizado por LANL con fondos de USAID. Perforación de un pozo exploratorio (808.35 m) a 1 km de la laguna Ixpaco con temperatura máxima de 235⁰C.
- **2005.** Se efectuaron estudios geocientíficos complementarios con cooperación del Gobierno de Japón a través de JETHRO.

ESTADO ACTUAL

Actualmente solo se tiene el estudio de prefactibilidad del LANL realizado al final de los años 80 y solo se ha perforado un pozo de exploración pero ya se tiene nuevos blancos de perforación.

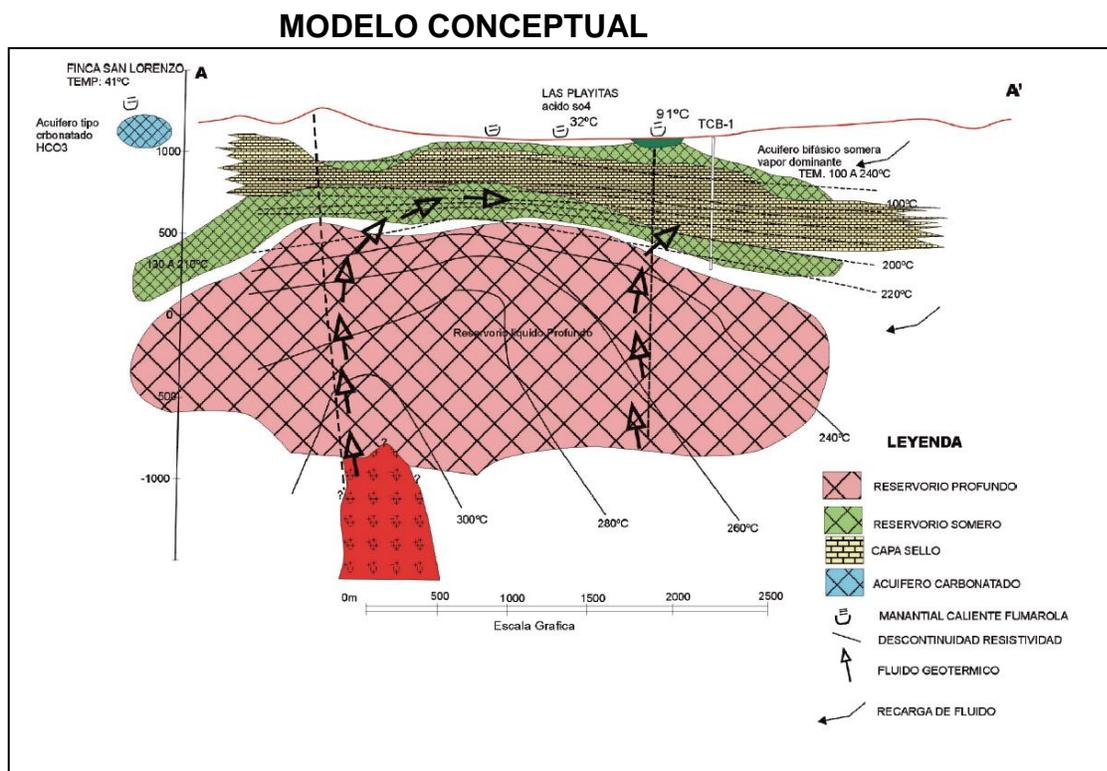
También el INDE está planificando la compra de terrenos, elaboración de estudio de impacto ambiental y la perforación de pozos exploratorios de diámetro reducido para completar la etapa de factibilidad el proyecto.

MODELO CONCEPTUAL

El área se encuentra dentro de un graben de 20 km de ancho, flanqueado hacia ambos lados por complejos andesíticos dacíticos más antiguos. El graben está limitado al norte por la falla regional de Jalpatagua y al sur limitada por sedimentos de la planicie costera del Pacífico. Los principales centros eruptivos se encuentran fuera del graben.

La zona se caracteriza por la presencia de numerosos manantiales y numerosas zonas fumarólicas en la parte sur del campo, en la Laguna de Ixpaco, así como en varias partes del cauce del Río Los Esclavos. Los

indicios de actividad termal llamativos ocurren en una zona intensamente alterada con pequeñas fumarolas en la orilla del mencionado río.



Fuente: Instituto Italo-Latino Americano -IILA-, *Estado Actual Y Desarrollo De Los Recursos Geotérmicos En Centroamérica*. Versión Pdf. San Salvador, Pisa, San José. 2010.

Los estudios efectuados en el área indican la existencia de dos diferentes reservorios geotérmicos, uno de alta temperatura (300⁰C) ubicado en el área de la laguna Ixpaco y sus alrededores y otro de temperatura media (165⁰C) localizado al noroeste del anterior los cuales estarían separados estructuralmente por una falla geológica.

La similitud entre las fumarolas de Laguna de Ixpaco y la cima del volcán Tecuamburro permiten inferir que el reservorio geotérmico puede estar ubicado bajo el complejo volcánico principal.

Los geotermómetros químicos indican 150 a 300°C con las mayores temperaturas en Laguna de Ixpaco. El área probable del reservorio es de 6.5 km² y temperatura de 240°C de acuerdo con el modelo conceptual. De acuerdo a los estudios MT el espesor asumido del reservorio es de 2,000 m.

LITOLOGÍA

Con la excepción de pequeños depósitos locales de aluviones y estratos lacustres, la mayoría del área de Tecuamburro está formada por lavas andesíticas de dos piroxenos, que ocurren, junto con lavas riolíticas como domos, flujos, brechas laháricas, ignimbritas, depósitos de caída y flujos piroclásticos.

ESTUDIOS ESPECÍFICOS REALIZADOS

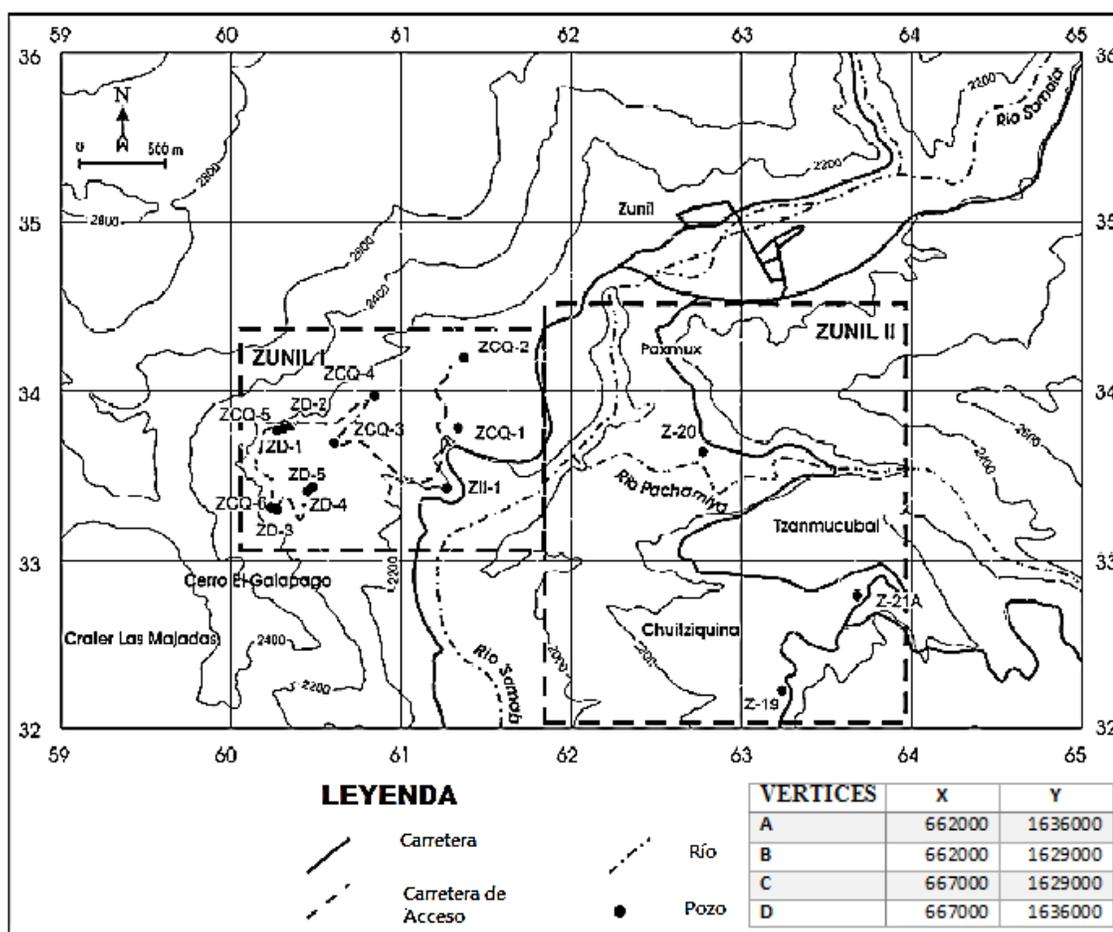
- **Geofísica.** Los Álamos llevó a cabo estudios geofísicos AMT y de multifrecuencia telúrica, realizando 8 líneas. Jethro complementó en el 2005 un estudio MT en un área de 9 km². El estudio telúrico definió un sistema conductivo de dirección WNW en parte norte del cráter Chupadero, relacionado con una zona de falla y alteración hidrotermal. Los márgenes del cráter Chupadero (sin evidencias en superficie), también han sido confirmados con datos de resistividad eléctrica, ubicando el centro del mismo al noroeste de la Laguna Ixpaco.
- **Geoquímica.** Los diferentes geotermómetros aplicados en las muestras de agua del área indican temperaturas que van de los 105°C (calcedonia) a los 181°C para ¹⁸O y H₂O en sulfatos. Los análisis de geotermometría realizados en muestras de gases en manantiales varían en el rango entre los 130°C y los 298°C.

- **Registro de pozos.** Únicamente se ha perforado un pozo exploratorio de diámetro reducido a 808.35 m de profundidad al sureste de la laguna Ixpaco.

d) **ÁREA GEOTÉRMICA ZUNIL II**

El área está localizada en la parte este del campo geotérmico Orzunil I cruzando el río Samalá, aunque se encuentra dentro de la misma estructura (caldera Quetzaltenango) se ha investigado que se trata de un reservorio diferente al de Orzunil I divididos por una falla que corre paralela al río Samalá.

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA GEOTÉRMICA ZUNIL II



DATOS TÉCNICOS

Potencial Estimado (estimación volumétrica Monte Carlo)	35 MW
Potencial Probado	--
Capacidad Instalada	--
Potencia mínima en operación	--
Unidades de generación	--
Pozos Perforados	1 posible productor (Z-21A) , 2 exploratorios (Z-19, Z-20)
Del reservorio: Temperatura promedio	280-320 ⁰ C
Profundidad	700-1,600m.
Propietario	INDE

Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015

CRONOLOGÍA

- **1973-1977.** Exploración preliminar por parte del INDE con fondos de la JICA.
- **1979. 1979.** Selección de un área de 4 km² para el estudio de prefactibilidad, denominada Zunil I, en los alrededores de este campo se definió Zunil II.
- **1989-1992.** Estudios de prefactibilidad en Zunil II cubriendo un área de 16 km² donde se perforaron 3 pozos financiados por el BID (Banco Interamericano de Desarrollo) y terminados por West Jec se perforaron 3 pozos exploratorios de pequeño diámetro.
- **2005.** Se planeó la instalación de una turbina propiedad del INDE que antiguamente funcionaba en el campo geotérmico de Amatitlán, de 5 MW

en el posible pozo productor (Z-21A), y así en base a los resultados planear la instalación de una planta de 24 MW.

- **2006.** Se elabora un informe de diagnóstico y evaluación de las investigaciones realizada en el marco del estudio de prefactibilidad, elaborado por Herlander Correia, en donde se considera el potencial de 25 MW.

ESTADO ACTUAL

En el 2002 se consideró continuar con los estudios para evaluar el campo geotérmico, para lo cual se aprobó la perforación de 2 pozos productores y uno de reinyección, pero debido a la oposición de los vecinos del lugar se programó perforar el pozo de forma direccional desde Orzunil I.

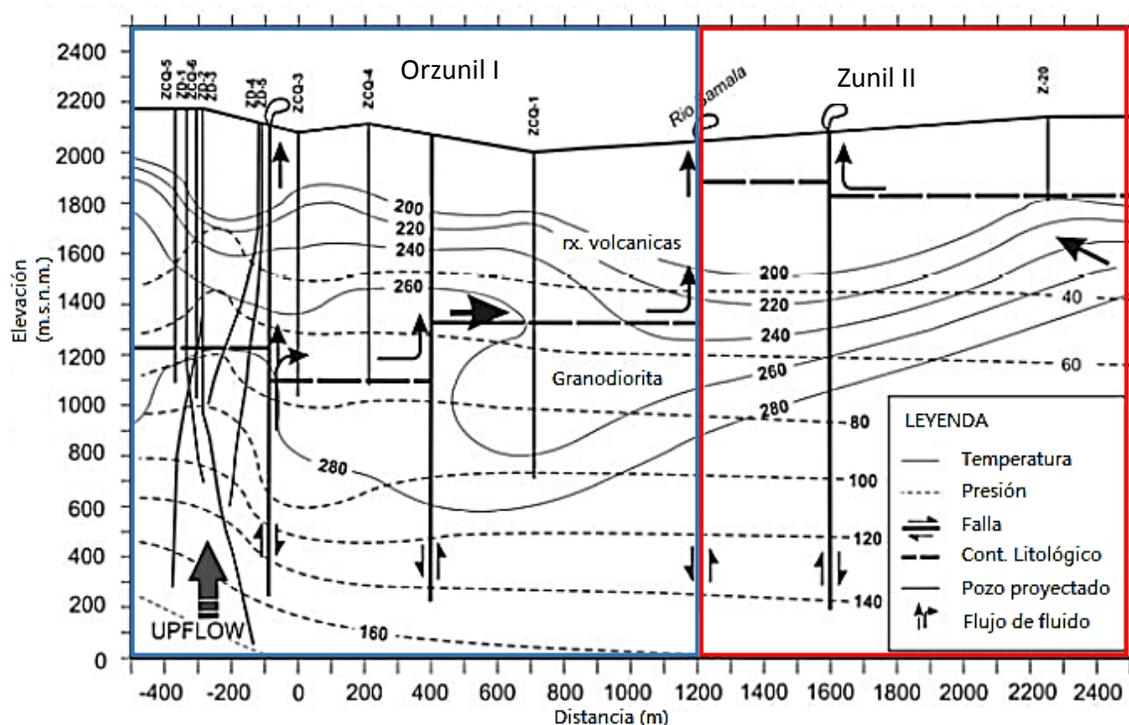
En el 2003 se perforo desde Orzunil I el pozo ZII-1 con una profundidad de 1,928 metros y temperatura de 244⁰C.

Actualmente el INDE no ha podido desarrollar el campo debido a problemas de carácter social con las comunidades Chimucubal y Chuitziquiná quienes se oponen a que se realice cualquier actividad.

MODELO CONCEPTUAL

El área geotermia de Zunil II a pesar de estar dentro de la caldera Quetzaltenango se considera como un reservorio diferente al del campo Orzunil I dividido por una falla paralela al rio Samalá.

MODELO CONCEPTUAL



El reservorio de acuerdo a las perforaciones está localizado en zonas fracturadas de flujos de lava Cuaternarias y del basamento granítico, este reservorio se cree de vapor dominante y de altas temperaturas aun en niveles someros.

Las fuentes de calor se estiman provenientes de cuerpos intrusivos o cámaras magmáticas superficiales cercanos a Paxmux, Rio Samalá y volcán de Zunil, manifestados por fumarolas y alteración hidrotermal.

La zona de recarga del sistema Zunil II proviene del norte, en el modelo se muestra un fallamiento principal E-W que define el campo y divide los dos sistemas geotermales.

Dentro del reservorio localizado aproximadamente a 700 a 1,600 se confirman temperaturas hasta los 300°C (pozo Z-21A)

Las manifestaciones geotérmicas del área corresponden al grupo conocido como Azúfrales y fuentes Georginas que incluyen la presencia de manantiales calientes y fumarolas.

LITOLOGÍA

Para el campo se establecen la siguiente secuencia: rocas plutónicas y metamórficas del basamento terciario, rocas volcánicas del terciario, rocas volcánicas del pleistoceno temprano y medio, rocas volcánicas del pleistoceno tardío y depósitos aluviales.

ESTUDIOS ESPECÍFICOS REALIZADOS

- **Geofísica.** Estudios de resistividad determinaron la presencia de una anomalía térmica a lo largo del río Samalá y hacia el sur alrededor de las fuentes Georginas y Aguas Amargas, que puede correlacionarse con zonas de alteración a lo largo del Río Samalá.

Estudios gravimétricos confirman presencia de basamento somero, estudios magnéticos detectan un alto magnético en la zona de las fuentes Georginas y Azúfrales correspondientes a las lavas recientes del pleistoceno.

Estudios magnéticos detectaron un alto magnético en la zona de las fuentes Georginas y Azufrales correspondiendo a lavas recientes del Pleistoceno.

- **Geotermometria.** Se registran valores ricos en Cl, con agua caliente del reservorio que existe en profundidad a lo largo de la confluencia de los ríos Samalá-Pachamiyá, a lo largo de los Azufrales y Fuentes Gerginas, También se estiman temperaturas de 210⁰C en la confluencia de los ríos Samalá-Pachamiyá, 300⁰C. en la Fumarola Negra y 230⁰ a 290⁰C en el área de Azufrales y Fuentes Georginas. En el pozo de producción Z-21A

se ha determinado para los geotermómetros k-Mg temperaturas de 140⁰C, 194⁰C para N-K-Ca-Mg y de 201⁰C para Na-K-Ca.

- **Registro de pozos.** Tres perforaciones de diámetro reducido han confirmado la existencia de un reservorio a profundidad somera (alrededor de 700 m). Las temperaturas máximas registradas en el pozo Z-19 son de 206 ⁰C a 496 m, el Z-20 de 207 ⁰C a 364 m y el Z-21A 244 ⁰C a 685 m.

Además se realizaron pruebas en el pozo productor Z-21A que produce 32 toneladas por hora de vapor seco.

REGISTRO DE POZOS

POZO No.	PROF. (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	PROF. A LA ZAPATA DEL CASING Y TAMAÑO (m ")	OBSERVACIONES
Z-19	576	2360	403 NQ*	OBSERVACIÓN
Z-20	364	2140	347 NQ*	OBSERVACIÓN
Z-21A	757	2336	296 9 ⁵ / ₈	OBSERVACIÓN

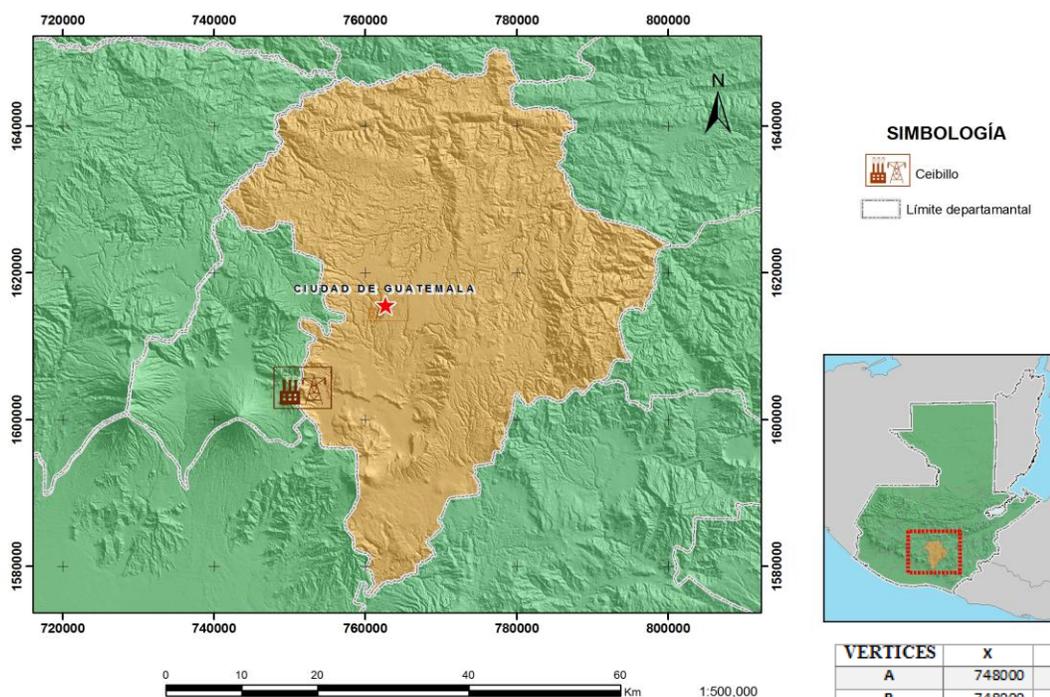
NQ*: 70 mm

5.5 PROYECTOS A NIVEL DE FACTIBILIDAD

a) PROYECTO GEOTÉRMICO EL CEIBILLO

El campo geotérmico El Ceibillo se encuentra ubicado dentro de la Caldera de Amatitlán, la cual se encuentra a unos 25 km al sur de la ciudad de Guatemala, a pesar de estar dentro de la misma área de caldera el sistema geotérmico es independiente del sistema del campo geotérmico Ortitlán que actualmente explota el recurso geotérmico generando energía eléctrica.

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO EL CEIBILLO



Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015.

DATOS TÉCNICOS

Potencial Estimado	50 MW
Potencia Autorizada Inicial	25 MW
Pozos	7 pozos exploratorios , 1 de diámetro comercial
Del reservorio: Temperatura promedio	180 ⁰ -255 ⁰ C
Profundidad	--?--
Propietario	U.S Geothermal Guatemala S.A

Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015.

CRONOLOGÍA

- **1970 a 1980.** Se estudia el área geotérmica de Amatitlán con perforaciones de pozos de poca profundidad.
- **1980 a 1990.** Se realizaron exploraciones geofísicas (SEV) para evaluar el potencial de la zona y conocer las condiciones estructurales y eléctricas.
- **2010.** Se obtiene la concesión del área a U.S Geothermal Guatemala S.A.
- **2012.** Fue presentado un informe ambiental titulado "construcción y operación de la Planta de Energía Geotérmica, El Ceibillo" para el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- **2013.** Se completa la perforación del primer pozo de desarrollo con temperaturas mayores a las esperadas y se realizan pruebas de producción.

ESTADO ACTUAL DEL CAMPO

Actualmente están perforando otros pozos exploratorios para conocer el modelo conceptual del campo y pruebas en el pozo de diámetro comercial EC-1 donde se encontraron temperaturas de 255⁰C.

Si la etapa de exploración final y desarrollo del campo fuesen exitosas la empresa U,S. Geothermal Guatemala S.A. desarrollaría y pondría en operación una planta geotermoeléctrica de 25 MW y luego continuará a expandir el desarrollo en este sitio y sitios adicionales contenidos dentro del área de la concesión.

INSTALACIONES DEL PROYECTO GEOTÉRMICO



Fuente: tomada por Renato Castro, estudiante de Geología 2014.

MODELO CONCEPTUAL

No se conoce algún modelo conceptual del campo, pero actualmente se están tratando de definir por medio de nuevas perforaciones y estudios geofísicos, por medio de geoquímica se ha definido que se trata de un reservorio diferente al del campo geotérmico Ortitlán.

ESTUDIOS ESPECÍFICOS REALIZADOS

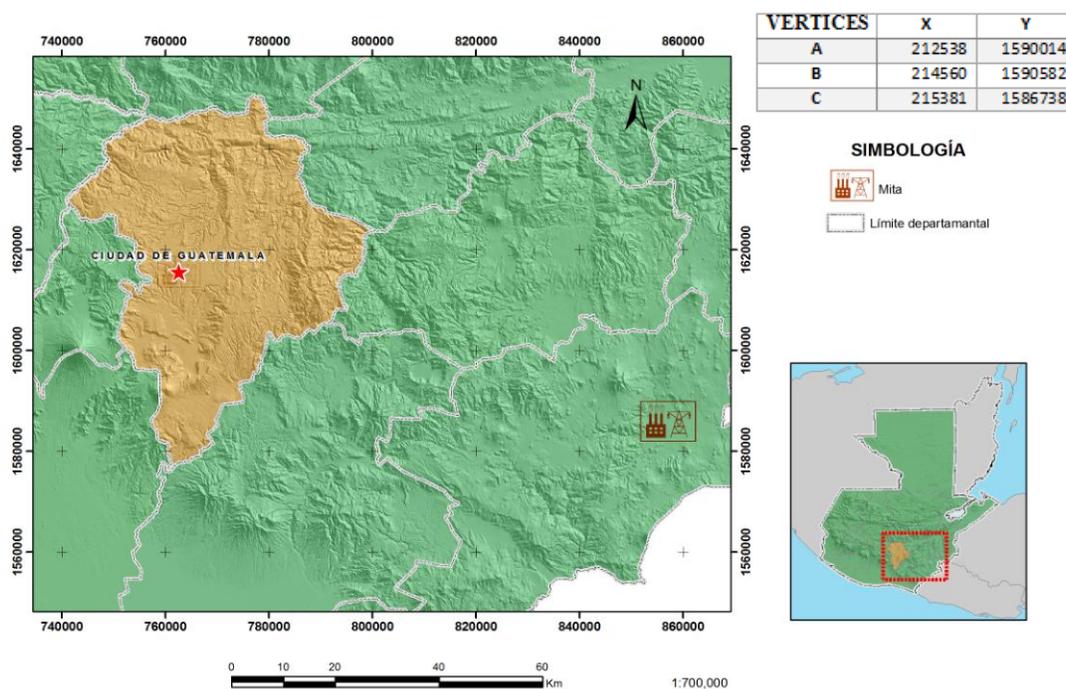
- **Geofísica.** Se han realizado sondeos Eléctricos Verticales para tratar de definir el reservorio.
- **Geoquímica.** Se han realizado muestreos geoquímicos de las corrientes superficiales de agua en el río Michatoya y de pozos existentes en la zona del campo geotérmico. Se aplicaron técnicas de geotermometría de aguas, específicamente geotermómetros de SiO_2 , Na/Ca y Na-K-Ca, con la finalidad de poder conocer la posible temperatura del reservorio profundo del campo.
- **Registro de pozos.** Actualmente hay 7 pozos perforados a baja profundidad con diámetro reducido, seis de estos han encontrado temperaturas que exceden los 180°C y tres han sobrepasado los 200°C . De estos seis pozos 5 fueron perforados a una profundidad de 160 metros y solamente uno a la profundidad de 590 metros. En el 2013 se completó el pozo EC-1 con una profundidad de 1472 metros con temperatura de fondo de 255°C y se están realizando pruebas de producción.

b) PROYECTO GEOTÉRMICO MITA

Descubierto mediante actividades de explotación minera en el 1997 por Goldcorp en el proyecto minero Cerro Blanco que se localiza en el

municipio de Asunción Mita, Jutiapa, a unos 150 km al nor-oriente de la Ciudad de Guatemala.

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO MITA



DATOS TÉCNICOS

Potencial Estimado	50 MW
Pozos	4 exploratorios, 5 de diámetro comercial
Del reservorio: Temperatura promedio	180 ⁰ -240 ⁰ C
Profundidad	1,500-2,500 m.
Propietario	Entre Mares de Guatemala (Goldcorp), Geotermia Oriental de Guatemala

Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015.

CRONOLOGÍA

- **1997.** Se descubre el depósito de oro de Cerro Blanco por Glamis Gold Ltd.
- **2007.** Goldcorp adquiere Glamis Gold Ltd. y forma una empresa filial (Geotermia Oriental de Guatemala S.V.) que obtuvo una licencia para explorar y desarrollar el sistema geotérmico Mita.
- **2008 a 2009.** Se perforan pozos de diámetro reducido para confirmar el reservorio, además de realizar estudios geofísicos.

ESTADO ACTUAL DEL CAMPO

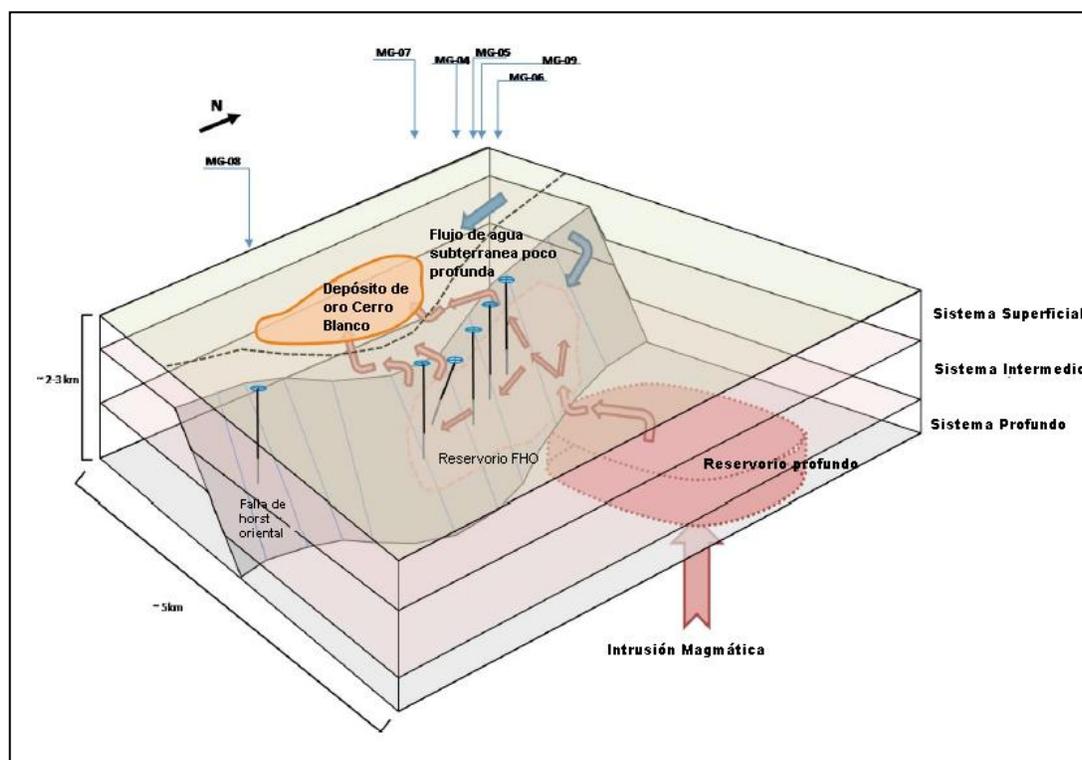
Geotermia Oriental de Guatemala, S.A. se encuentra en trámite para la autorización del MEM para la instalación de una planta de energía geotérmica con capacidad de producir 50 MW.

Los trabajos han sido suspendidos por malos resultados en las perforaciones y no lograr la rentabilidad esperada por la empresa.

MODELO CONCEPTUAL

La comprensión del sistema superficial e intermedio del proyecto Mita ha avanzado considerablemente gracias a mediciones de temperatura en pozos, química de fluidos, presiones y pruebas de descarga, este sistema está muy relacionado al depósito de oro.

MODELO CONCEPTUAL



Fuente: Modificado de Knight Merz Sinclair, et al., *Numerical Modeling of the Mita Geothermal Field, Cerro Blanco, Guatemala*. Artículo del Trigésimo Octavo Taller sobre geotermia, Ingeniería de Yacimientos Stanford, California, 2013.

Se considera un reservorio profundo desde los 1500 metros de profundidad que va de este a noreste a lo largo del depósito de oro de Cerro Blanco con una temperatura aproximada de 240⁰C.

La intersección del Horst oriental y fallas con tendencia E-O cortando el depósito profundo permiten la migración de fluidos a lo largo de los planos de falla creando un sistema intermedio con temperaturas que van de los 180⁰ a 210⁰C.

El sistema superficial se ven en los perfiles de los pozos de desague en el lado oriental del depósito Cerro Blanco

LITOLOGÍA

El área se encuentra en el arco volcánico, de un sistema mixto: andesita, riolita y basalto. Las rocas en su mayoría son volcánicas, unidades cerca de la superficie son rocas de cubierta (aluviones con sinterización, coluviones y flujos basálticos cuaternarios) a nivel intermedio contiene Intrusivos y rocas sub-volcánicas (Brechas hidrotermales, diques en enjambre) y una secuencia marina (alternancia de caliza poco fundida marina fosilífera y limolitas)

ESTUDIOS ESPECÍFICOS REALIZADOS

- **Geofísica.** Se elaboró un estudio magneto telúrico (MT) llevado a cabo en enero de 2008, junto con un estudio de gravedad ampliamente espaciado, compuesto por 71 estaciones que cubren un área de 75 Km², casi la mayor parte del área de concesión minera.
- **Geoquímica.** Datos geoquímicos en muestras de aguas de manantial indican un pH casi neutro con contenido cloruro -sodio- bicarbonato con sólidos totales disueltos de hasta 2200 mg / kg.
- **Registro de pozos.** Se tienen 9 pozos perforados (serie MG), El pozo más representativo es el pozo MG-04 donde se encontraron temperaturas que alcanzan los 200°C.

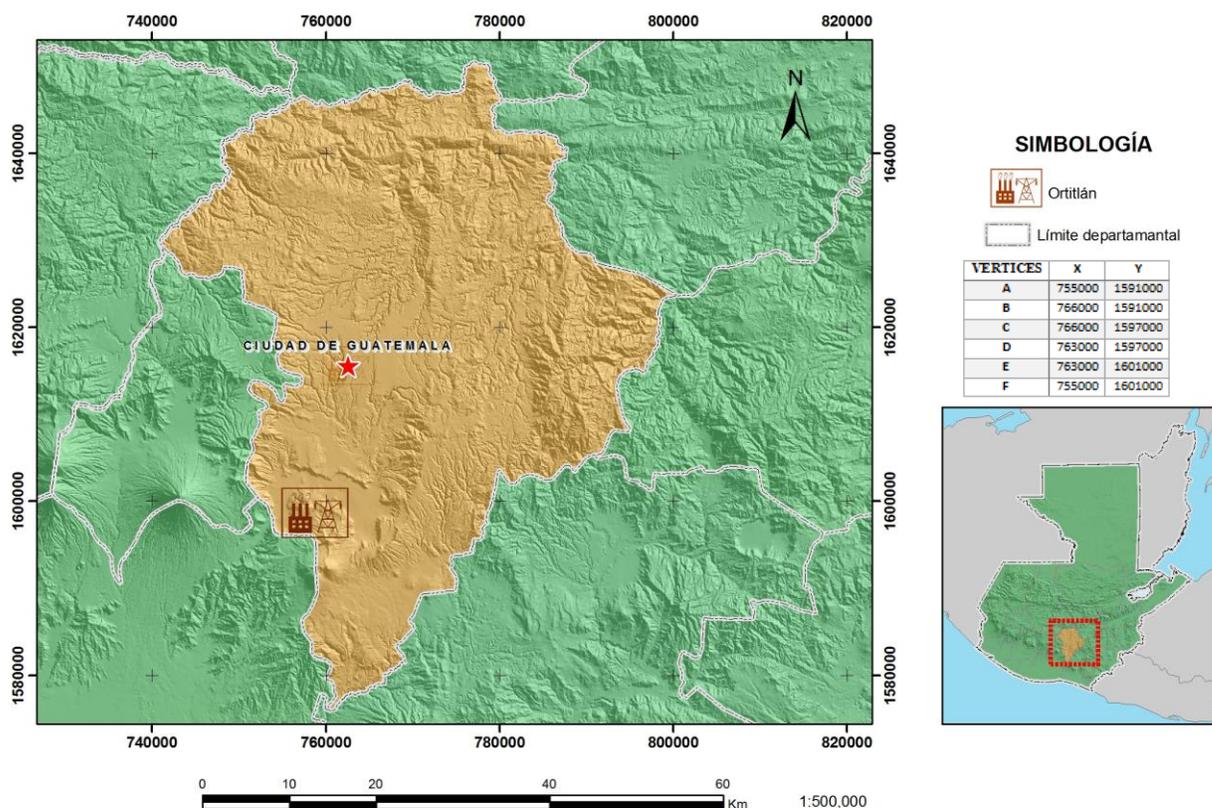
5.6 PLANTAS GEOTÉRMICAS INSTALADAS

a) PLANTA GEOTÉRMICA ORTITLAN

El área geotérmica de Amatitlán se encuentra a 42 km de la ciudad de Guatemala y ocupa la parte sur del graben de Guatemala dentro de la cadena volcánica del país.

Dentro de esta área se encuentra en operación desde el 2007 el campo geotérmico Ortitlán que se ubica en las cercanías de la aldea San José Calderas del municipio de Amatitlán.

LOCALIZACIÓN PLANTA GEOTÉRMICA ORTITLAN



Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015.

DATOS TÉCNICOS

Potencial Estimado	5 - 200 MW
Potencial Probado	24 MW
Capacidad Instalada	25.2 MW
Potencia mínima en operación	20.5 MW
Unidades de generación	2 de 12 MW, 1 de 1.2 MW
Pozos (en uso)	5 producción, 2 reinyección
Del reservorio:	
Temperatura promedio	180 ⁰ -300 ⁰ C
Profundidad	1,200-1,800 m.
Propietario	Ortirlán, Limitada

Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015.

CRONOLOGÍA

- **1972.** Exploración preliminar del INDE con fondos de la Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (JICA).
- **1977.** Primera investigación del INDE con sus propios fondos.
- **1979.** Estudios suspendidos por considerar al área Zunil como de mayor prioridad.
- **1980 a 1984.** Estudio de prefactibilidad cubriendo un área de 170 km² con fondos provenientes de OPEC/OLADE. También se contrata a Electroconsult para completar el estudio de prefactibilidad que incluye la perforación de dos pozos de diámetro reducido.
- **1987.** INDE en conjunto con LANL (Los Alamos National Laboratory) comienzan un estudio del campo.

- **1989.** Electroconsult recomienda realizar el estudio de factibilidad para confirmar la existencia de un recurso comercial.
- **1993 y 1994.** Se realiza el estudio de factibilidad con fondos de IDB y realizado por West Japan Engineering Inc. (WestJec). Se perforan cuatro pozos de diámetro comercial y se indican que dos de ellos son de producción con capacidad de 12 MW y la temperatura del reservorio es entre 230⁰-300⁰C.
- **1997.** INDE firmó un contrato con la empresa Ingenieros Civiles Asociados -ICA- para evaluar el reservorio durante el régimen de explotación y producción de los pozos existentes. Este contrato permitió la instalación y operación de una planta a boca de pozo de 5 MWe. La producción eléctrica de esta planta se inició en noviembre de 1998 y continuó hasta 2001.
- **1998.** Acuerdo firmado entre el Ministerio de Energía y Minas, el INDE y la Agencia Internacional de Cooperación del Japón -JICA- para estudios geocientífico y perforación de pozos de producción. JICA también realizó un estudio de factibilidad para la instalación de una planta geotermoeléctrica y los planes de desarrollo futuro para este campo geotérmico.
- **2002.** El INDE adquirió la planta a boca de pozo de 5 MWe propiedad de CFE de México y operó la misma con vapor de dos pozos geotérmicos hasta el año 2006.
- **2003.** Se dio en usufructo este campo geotérmico a la empresa Ormat, constituyéndose con el nombre de Ortitlán.
- **2006.** Se inició la construcción de una planta binaria de 22 MWe y perforaron un pozo de producción adicional con escasos resultados. Se inicia la generación de energía eléctrica en el campo.

ESTADO ACTUAL DEL CAMPO

Actualmente el vapor y salmuera es obtenido de cinco pozos de producción ubicados topográficamente a mayor altura que la planta excepto uno luego llevados a través de mezclaductos hasta la planta, luego de ser utilizados en los intercambiadores de calor de la planta son transportados por bombeo a través de tubería de reinyección de 8" hacia los pozos de reinyección, ubicados a unos 2 km al noreste de la planta. Los fluidos son absorbidos por una zona permeable ubicada entre 700 y 800 m de profundidad.

INSTALACIONES DEL CAMPO GEOTÉRMICO

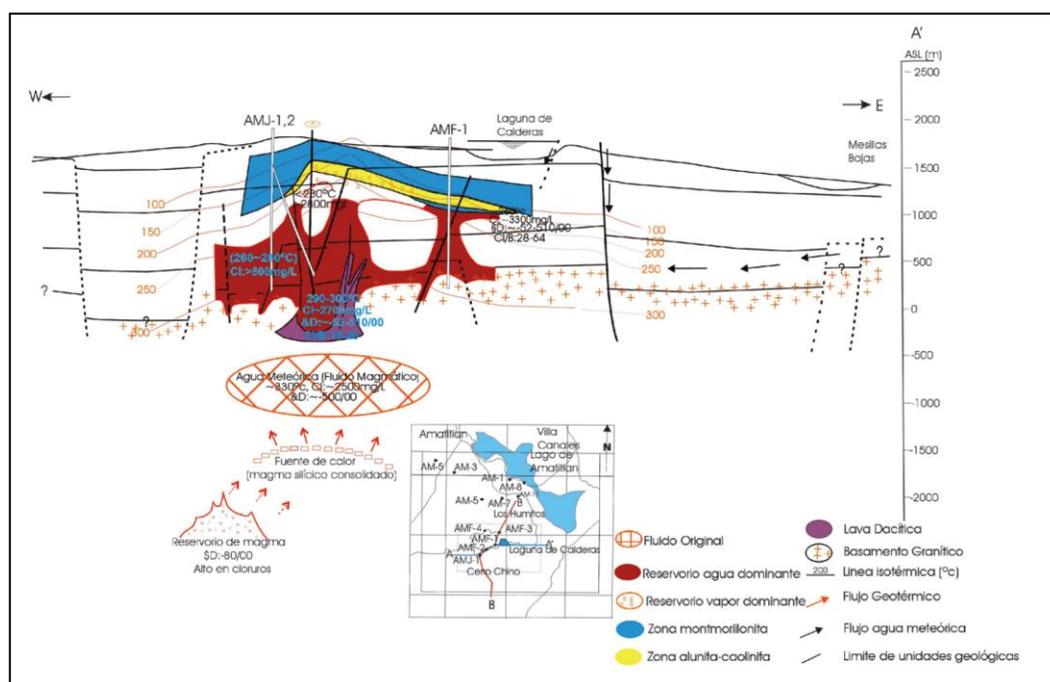


Fuente: <http://www.ormat.com>

MODELO CONCEPTUAL

Existen varias zonas de manifestaciones termales, por lo cual se conoce una amplia zona con anomalías térmicas y geoquímicas en el acuífero. Se presentó una alta evidencia desde el punto de vista geoquímico de existencia de un reservorio de alta temperatura en el subsuelo.

MODELO CONCEPTUAL DEL CAMPO GEOTÉRMICO



Fuente: Instituto Italo-Latino Americano -ILLA-, *Estado Actual Y Desarrollo De Los Recursos Geotérmicos En Centroamérica*. Versión Pdf. San Salvador, Pisa, San José. 2010.

Se considera un sistema de convección hidrotermal originado por agua meteórica de las tierras altas del sur del Lago de Amatitlán. Este sistema ha sido calentado por una intrusión dacítica que se encuentra bajo la parte oeste de Laguna de Caldera.

El agua meteórica de recarga fluye hacia el norte y noreste sobre las rocas graníticas del basamento, la cual es calentada por conducción de calor del magma hasta agua caliente clorurada hasta los 300 – 340°C. El ascenso de fluidos calientes se circunscribe a lo largo del tren estructural levantado, de dirección NE – SW al oeste de la Laguna Calderas.

LITOLOGÍA

Consiste en un basamento granodiorítico, formaciones de rocas pre caldéricas, sin caldéricas y post caldéricas, incluyendo el complejo volcánico de Amatitlán, el cual está formado de andesitas piroxénicas y dacitas subordinadas, luego rocas más recientes del complejo volcánico de Pacaya, aluviones y coluviones. Las fallas del área están relacionadas con eventos caldericos, fallamientos con orientación N-S y NE-SW y el emplazamiento de domos dacíticos.

ESTUDIOS ESPECÍFICOS REALIZADOS

- **Geofísica.** Se realizaron estudios gravimétricos los cuales mostraron áreas anómalas de baja gravedad en la parte norte de Amatitlán y un alto gravimétrico en el sur relacionado con el Volcán de Pacaya. Que indica el borde de la estructura caldérica y un levantamiento del basamento en dirección norte sur.

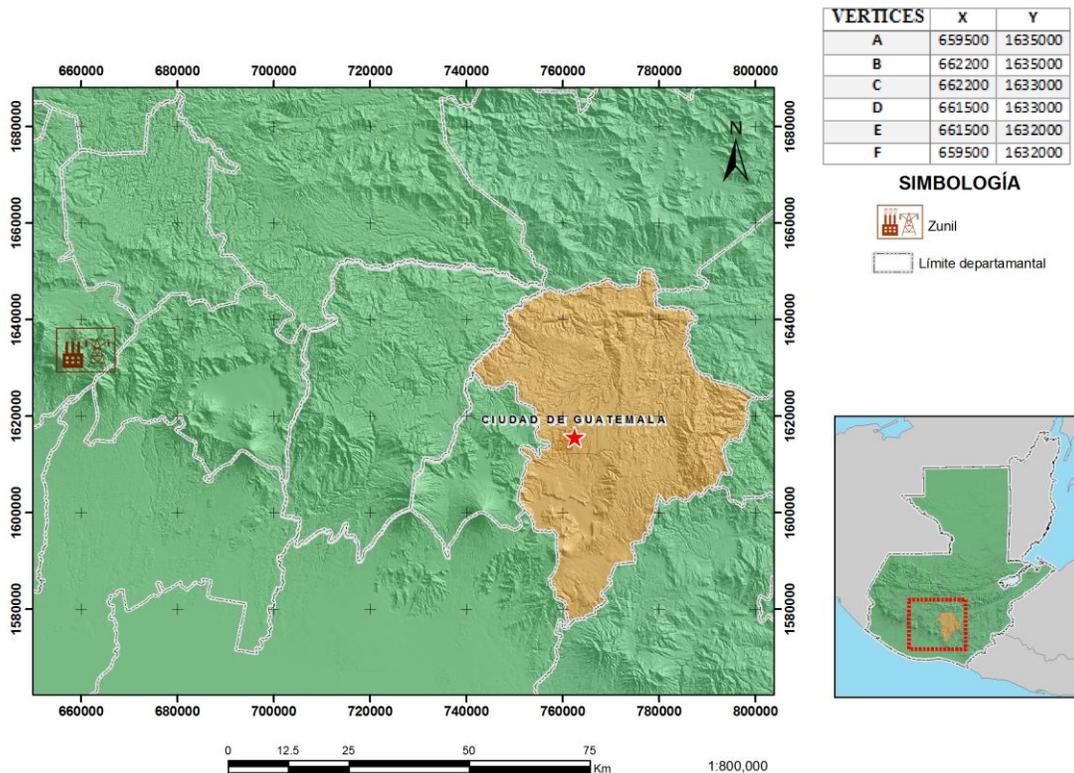
Estudios magnéticos revelan anomalías altas en toda el área y anomalías bajas rodeando el área de interés, con una distribución de anomalías NE-SW y ENE-WSW. Estudios magnetoteluricos detectan zonas de baja resistividad a los 200 y 700 metros de profundidad que pueden corresponder a la zona de alteración hidrotermal relativamente somera.

- **Geoquímica.** El agua caliente fluye lateralmente desde Calderas con direcciones norte y noreste, diluyéndose con agua fría superficial, alcanzando finalmente la orilla del Lago de Amatitlán, generando acuíferos calientes de tipo Cl y Cl - HCO₃. Otra parte de este flujo alcanza la orilla este del valle del Río Michatoya.
- **Registro de pozos.** El INDE perforó 10 pozos exploratorios de diámetro reducido (serie AM) y 6 pozos profundos de diámetro comercial, dos de ellos direccionales (serie AMF). Por su parte Ortitlán ha perforado dos pozos direccionales para aumentar el suministro de fluidos geotérmicos.

b) PLANTA GEOTÉRMICA ORZUNIL I

El área geotérmica Zunil está localizado a 220 km al oeste de la ciudad de Guatemala y aproximadamente a 10 km de la ciudad de Quetzaltenango, luego de estudios de prefactibilidad se le dividió en Zunil I y II, actualmente el área Zunil I tiene un contrato de compra venta de energía con la empresa industrial guatemalteca Orzunil I de Electricidad Limitada dedicada a la producción y suministro de energía eléctrica que opera desde el año de 1999, la planta contó con el diseño y construcción de Ormat Technologies, Inc. de Israel y utiliza el calor de vapor de agua y la salmuera provistos por los pozos geotérmicos del INDE encargado también del manejo y operación del campo.

LOCALIZACIÓN DE PLANTA GEOTÉRMICA ORZUNIL I



Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2014.

DATOS TÉCNICOS

Potencial Estimado	24 - 50 MW
Potencial Probado (1991)	24 MW
Capacidad Instalada (1999)	25.2 MW
Potencia mínima en operación	16 MW
Unidades de generación	7 de 3.6 MW
Pozos (en uso)	5 producción, 2 reinyección
Del reservorio:	
Temperatura promedio	250 ⁰ -300 ⁰ C
Profundidad	1,400-1,800 m.
Propietario	Orzunil I de Electricidad Limitada

Fuente: Elaborado por Departamento de Energías Renovables 2015.

CRONOLOGÍA

- **1973-1977.** Exploración preliminar por parte del INDE con fondos de la JICA.
- **1977.** El INDE realizó estudios en un área aproximada de 310 km² en donde se perforaron 18 pozos de diámetro reducido, teniendo como resultado el descubrimiento de un reservorio de alta entalpia (287⁰C) a 1130 m.
- **1979.** selección de un área de 4 km² para el estudio de prefactibilidad, denominada Zunil I.
- **1980-1981.** El INDE perforó 6 pozos exploratorios en donde 4 de ellos resultaron productores, se contrató a Electroconsult para realizar un estudio de prefactibilidad de construcción de una planta de 15 MWe.

- **1983.** El estudio de prefactibilidad de Electroconsult concluyó que el recurso podría soportar una planta de 15 MWe por 20 años y sugirieron perforar tres pozos más para mantener el flujo de vapor requerido. El estudio no estimó el potencial total del recurso.
- **1987.** El INDE realizó un estudio del campo junto a la agencia gubernamental norteamericana LANL (Los Alamos National Laboratory).
- **1987-1991.** La compañía MK Ferguson perforó tres pozos direccionales a 1 500 hasta 2 000 m para evaluar la profundidad del yacimiento con el financiamiento del IDB (Inter-American Development Bank) y se demostró una capacidad de 24 MW para el yacimiento de alta entalpia clasificado como liquido dominante con temperaturas máximas de 300⁰C.
- **1988-1990.** Geocientíficos realizan estudios de conductividad, gravedad, geotectónica y SEV (Sondeos Eléctricos Verticales), además fluidos incluidos y estudios de mercurio en el suelo.
- **1992.** El INDE invita a compañías interesadas a presentar ofertas para la construcción y operación de la planta geotérmica.
- **1993.** El INDE llega a un acuerdo con Orzúnil S.A. (Ormat) para explotar el campo con la construcción de una planta binaria con capacidad de 24 MW, según el contrato el INDE se compromete a entregar flujos de agua caliente y vapor; Orzúnil generará electricidad.
- **1999.** La planta fue instalada e inicio la producción.
- **2001.** Se perforaron dos pozos nuevos (ZD-4, ZD-5), el ZD-4 resulto ser productor y junto con el ZDQ-4 se conectaron a la planta para producción.

ESTADO ACTUAL DEL CAMPO

Actualmente la planta de ORZUNIL I se abastece con los fluidos geotérmicos producidos por los pozos ZD-1, ZD-2, ZD-4, ZCQ-3 y ZCQ-4, registrándose un caudal de vapor saturado seco de aproximadamente 213 toneladas por hora separado a una presión de 8.5 bar y un caudal de salmuera de 280 toneladas por hora a una presión de 9 bar, con lo que se genera 18.5 MW, los pozos ZCQR-3 y ZCQR-5 se utilizan para la reinyección de 500 toneladas de fluido por hora a una presión de 3 bar y una temperatura de 112 °C.

El mantenimiento y operación del campo que originariamente estaba a cargo del INDE pasó en manos de Orzunil I.

El campo luego de más de 10 años de explotación ha mostrado disminución en la producción (mínima 16 MW) por condiciones de presión y temperatura de los fluidos, es por ello que todavía hay varios pozos en observación para aumentar la producción, además del mantenimiento que se les han dado para mantener un nivel estable de producción.

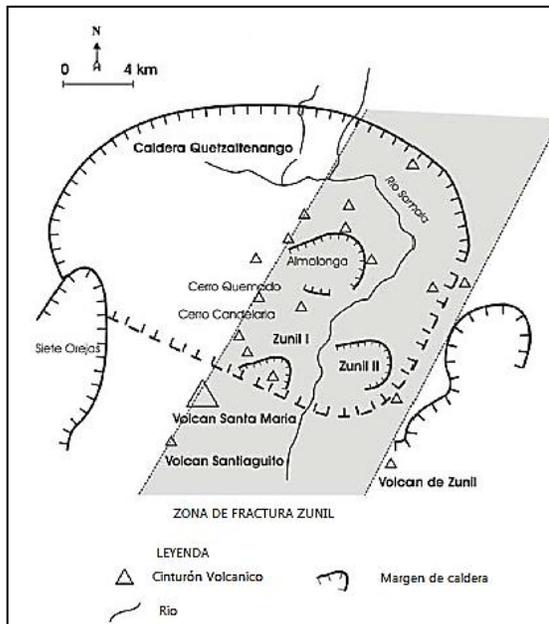
También dentro del área de Zunil a 2 km de Orzunil I se hicieron estudios de prefactibilidad para poner en operación Zunil II (mas adelante) en donde se cree existe otro yacimiento totalmente diferente al de Orzunil I.

INSTALACIONES DE LA PLANTA GEOTÉRMICA



Fuente: cortesía Víctor Ortiz.

MODELO CONCEPTUAL



Este sitio se caracteriza por estar localizado en la intersección del sistema de fallamiento noreste (fractura Zunil) y el margen de una caldera de grandes dimensiones (caldera Quetzaltenango).

La zona de recarga del sistema es principalmente por aguas subterráneas procedentes del N y NW del campo, La fuente de calor

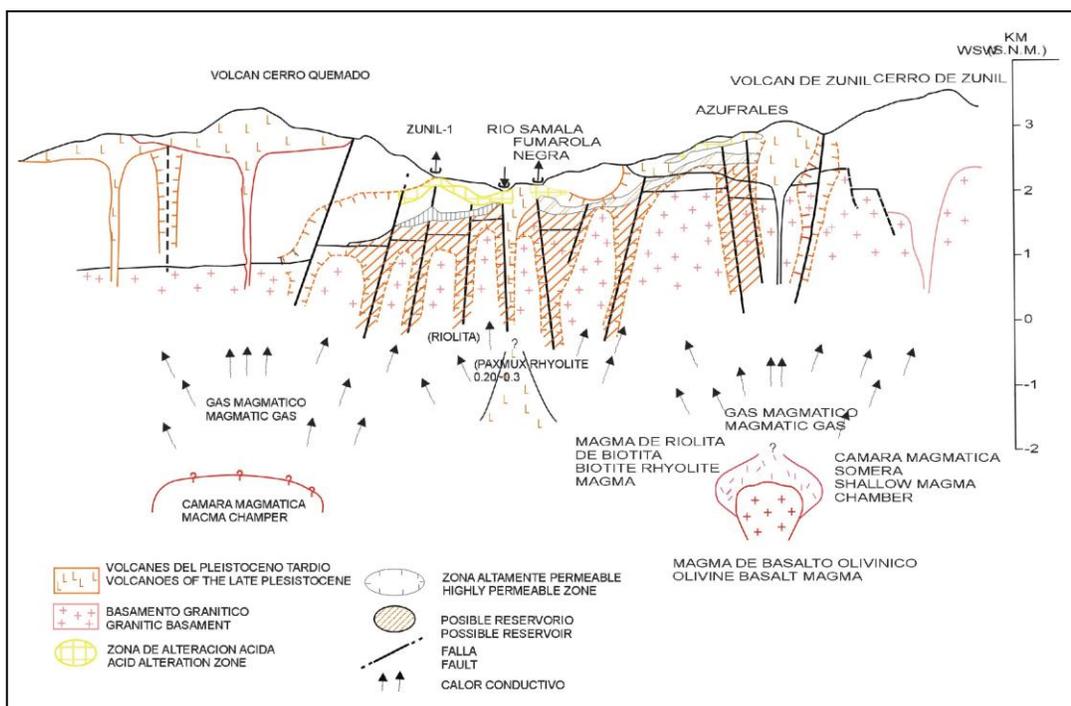
del sistema se cree es por el sistema volcánico de Santiaguillo, Santa María y Cerro Quemado.

MANIFESTACIONES SUPERFICIALES

En el área de zunil hay presencia de importantes anomalías térmicas superficiales evidenciadas por grandes aparatos volcánicos activos, además variedad de manifestaciones superficiales como aguas termales y fumarolas mayormente a lo largo del rio Samalá, carretera hacia Quetzaltenango y en la parte de la plataforma del pozo ZCQ-4.

Esta área se divide en 4 zonas: Fumarola Grande-Negra, Fumarola Paxmax; Fuentes Georginas y Minas de Sulfuro, esto indica que existen varios canales de ascenso de fluido que podrían asociarse a la zona de fracturamiento Zunil.

MODELO CONCEPTUAL DE LA PLANTA GEOTÉRMICA



Fuente: Instituto Italo-Latino Americano -IILA-, *Estado Actual Y Desarrollo De Los Recursos Geotérmicos En Centroamérica*. Versión Pdf. San Salvador, Pisa, San José. 2010.

LITOLOGÍA

Geológicamente esta zona se encuentra dividida en dos grupos de rocas: El grupo Zunil que comprende rocas volcánicas (escoria volcánica y lavas andesíticas) de la edad terciaria (Neógeno) que cubre el basamento granítico y el Grupo Cerro Quemado el cual presenta una litología de rocas volcánicas cuaternarias cubriendo las anteriores.

Los registros de temperatura en los pozos, la localización y distribución de las fracturas sugieren que la zona de fluido de alta temperatura se encuentra principalmente en las rocas del basamento (Rocas graníticas).

ESTUDIOS ESPECÍFICOS REALIZADOS

- **Geofísica.** Se realizaron estudios de resistividad donde se detectaron dos capas, una es la que cubre la parte superficial que corresponden a aluviones y cenizas volcánicas, y la otra probablemente la capa sello del reservorio, además estudios gravimétricos y petrográficos detectan un alto gravimétrico con orientación NE que corresponde a la zona de alteración hidrotermal.
- **Geoquímica.** Estudios geoquímicos en los fluidos muestran tres tipos; cloruro sódico (Ca, Cl), bicarbonatado (Na, HCO₃, SO₄) y fluidos sulfato ácidos (Na, SO₄). Estudios de geotermómetros Na/K en el agua registran temperaturas máximas de 290⁰ C y para el geotermómetro K/Na 307⁰C.
- **Registro de pozos.** Según registro de pozos se muestran dos zonas de reservorios, la primera localizada a 900-1000 m. y la segunda entre 1400-1800 m. también demuestran temperaturas entre los 250⁰-300⁰C a profundidad de 1200 m.

REGISTRO DE POZOS DE LA PLANTA GEOTÉRMICA

POZO No.	PROF. (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	PROF. A LA ZAPATA DEL CASING Y TAMAÑO (m ")	OBSERVACIONES
ZCQ-1	1310	2004	765 9 5/8	REINYECTOR
ZCQ-2	812	2059	516 9 5/8	REINYECTOR
ZCQ-3	1041	2077	590 9 5/8	PRODUCTOR
ZCQ-4	1025	2117	447 9 5/8	PRODUCTOR
ZCQ-5	1080	2175	751 9 5/8	FUERA DE LINEA
ZCQ-6	1142	2175	600 9 5/8	FUERA DE LINEA
ZD-1	1516	2175	648 9 5/8	PRODUCTOR
ZD-2	1784	2175	747 9 5/8	PRODUCTOR
ZD-3	2370	2175	1122 9 5/8	FUERA DE LINEA
ZD-4	1226	2120	942 9 5/8	PRODUCTOR
ZD-5	1776	2120	1043 9 5/8	OBSERVACIÓN

NQ*: 70 mm

CONCLUSIÓN

Guatemala cuenta con recursos geotérmicos localizados en varios departamentos, la mayoría se encuentran a los alrededores de la cadena volcánica.

Durante estos 45 años se han identificado áreas con potencial geotérmico con la ayuda de empresas e instituciones del extranjero, por medio de estudios como geofísica, geoquímica y perforaciones. Las instituciones como el INDE (Instituto Nacional de Electrificación) el Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección General de Energía han sido los entes reguladores para el desarrollo de los proyectos geotérmicos dentro del país.

Actualmente se cuenta con dos plantas generadoras de energía, dos proyectos que se encuentran en la etapa de factibilidad, cuatro áreas a nivel de prefactibilidad, un área con estudios preliminares, siete áreas con estudios regionales y diecisiete áreas con manifestaciones superficiales. Algunas áreas cuenta con estudios técnicos, modelos conceptuales, cronología de las actividades, litología, datos técnicos y registro de pozos, por lo que se evidencia que Guatemala es un buen lugar para la inversión de nuevas plantas generadoras de energía.

BIBLIOGRAFÍA

- Battocletti Liz, et al., *Geothermal Resources in Latin America & The Caribbean*. Sandia National Laboratories. Versión Pdf. Estados Unidos de America. 1999.
- Campo geotérmico Amatitlán, <http://www.ormat.com/case-studies/amatitlan-Guatemala> Pagina Oficial Ormat, Inc visitada 03/11/1014.
- Instituto Italo-Latino Americano -IILA-, *Estado Actual Y Desarrollo De Los Recursos Geotérmicos En Centroamérica*. Versión Pdf. San Salvador, Pisa, San José. 2010.
- Instituto Nacional de Electrificación -INDE-, *Negocios de Generación de Electricidad en Guatemala Volumen III Catálogo de Campos Geotérmicos*. Versión Pdf. Guatemala. 2005.
- Proyecto Geotérmico El Ceibillo. <http://www.usgeothermal.com/projects/4/El%20Ceibillo%20-%20Guatemala> Pagina oficial US Geothermal. Inc Visitada 20/11/14.
- <http://www.usgeothermal.com.gt/> Página oficial US Geothermal Guatemala Visitada 20/11/14.
- Proyecto Geotérmico Mita. <http://goldcorpguatemala.com/entre-mares/geotermia-2/> Pagina Oficial Montana Exploradora de Guatemala S.A, visitada 17/11/2014
- Base De Datos De La Asociación Internacional De Geotermia –IGA- (<http://www.geothermal-energy.org/>)
- Asturias Francisco, Grajeda Edna. *Geothermal Resources and Development in Guatemala Country Update*. Actas del Congreso Mundial de Geotermia Bali, Indonesia. 2010.
- Ducci Enzo, et al., *The Prefeasibility Study Of The San Marcos Geothermal Area*,

Guatemala. Artículo del Congreso Mundial de Geotermia Firenze, Italy. 1995.

Fraser Goff, et al., *A re-evaluation of the Moyuta geothermal system, southern Guatemala*. Presentado en la reunión anual del consejo de recursos geotérmicos Reno, Nevada. 1991.

Knight Merz Sinclair, et al., *Numerical Modeling of the Mita Geothermal Field, Cerro Blanco, Guatemala*. Artículo del Trigésimo Octavo Taller sobre geotermia, Ingeniería de Yacimientos Stanford, California, 2013.

White Phil, et al., *Mita, a Newly Discovered Geothermal System in Guatemala*, Artículo del Congreso Mundial de Geotermia Bali, Indonesia, 2010.

AVANCE DE LOS CAMPOS GEOTÉRMICOS DE GUATEMALA

ÁREA		RECONOCIMIENTO	PREFACTIBILIDAD	FACTIBILIDAD	DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN
		10,000-100,000 Km2	500-2,000 Km2	10-100 Km2	
Amatitlán	Ortitlán (98 km²) Potencial: 50 MW Instalado: 25.2 MW Actual: 20.5 MW Temp: 180 ^o -300 ^o C	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geología ➤ Geoquímica ➤ Geotermómetros 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estudios geológicos vulcanológicos y tectónicos ➤ Hidrogeología e hidrogeoquímica ➤ Pozos de diámetro reducido ➤ Estudios gravimétricos, magnéticos y magnetotélúricos ➤ Modelo Conceptual ➤ Informe de Prefactibilidad por Electroconsult, 1984. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pozos exploratorios ➤ Pruebas en pozos ➤ Selección tipo de planta y potencia ➤ Informe por WEST JEC, 1994. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Perforación de pozos adicionales de producción y reinyección ➤ Construcción de la planta ➤ Puesta en marcha 2007, Ortitlán, Limitada.
	El Ceibillo (100 km²) Potencial: 50 MW Autorizado: 25 MW Temp: 180 ^o -255 ^o C	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geología ➤ Geoquímica ➤ Geotermómetros 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estudios geológicos ➤ Pozos de diámetro reducido 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estudios geofísicos ➤ Pruebas en pozos y perforación de nuevos pozos ➤ Actualmente realizando el informe de factibilidad por US. Geothermal. 	
Zunil	Orzunil I (7.40 km²) Potencial: 50 MW Instalado: 25.2 MW Actual: 16 MW Temp: 250 ^o -300 ^o C	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geología ➤ Geoquímica ➤ Geotermómetros 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estudios geológicos vulcanológicos y tectónicos ➤ Hidrogeología e hidrogeoquímica ➤ Pozos de diámetro reducido ➤ Estudios geofísicos de conductividad, gravedad, geotectónica y SEV ➤ Modelo Conceptual ➤ Informe de prefactibilidad por Electroconsult, 1993. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pozos exploratorios ➤ Pruebas en pozos ➤ Selección tipo de planta y potencia 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Perforación de pozos adicionales de producción y reinyección ➤ Construcción de la planta ➤ Puesta en marcha.1999.Orzunil I de Electricidad Limitada.

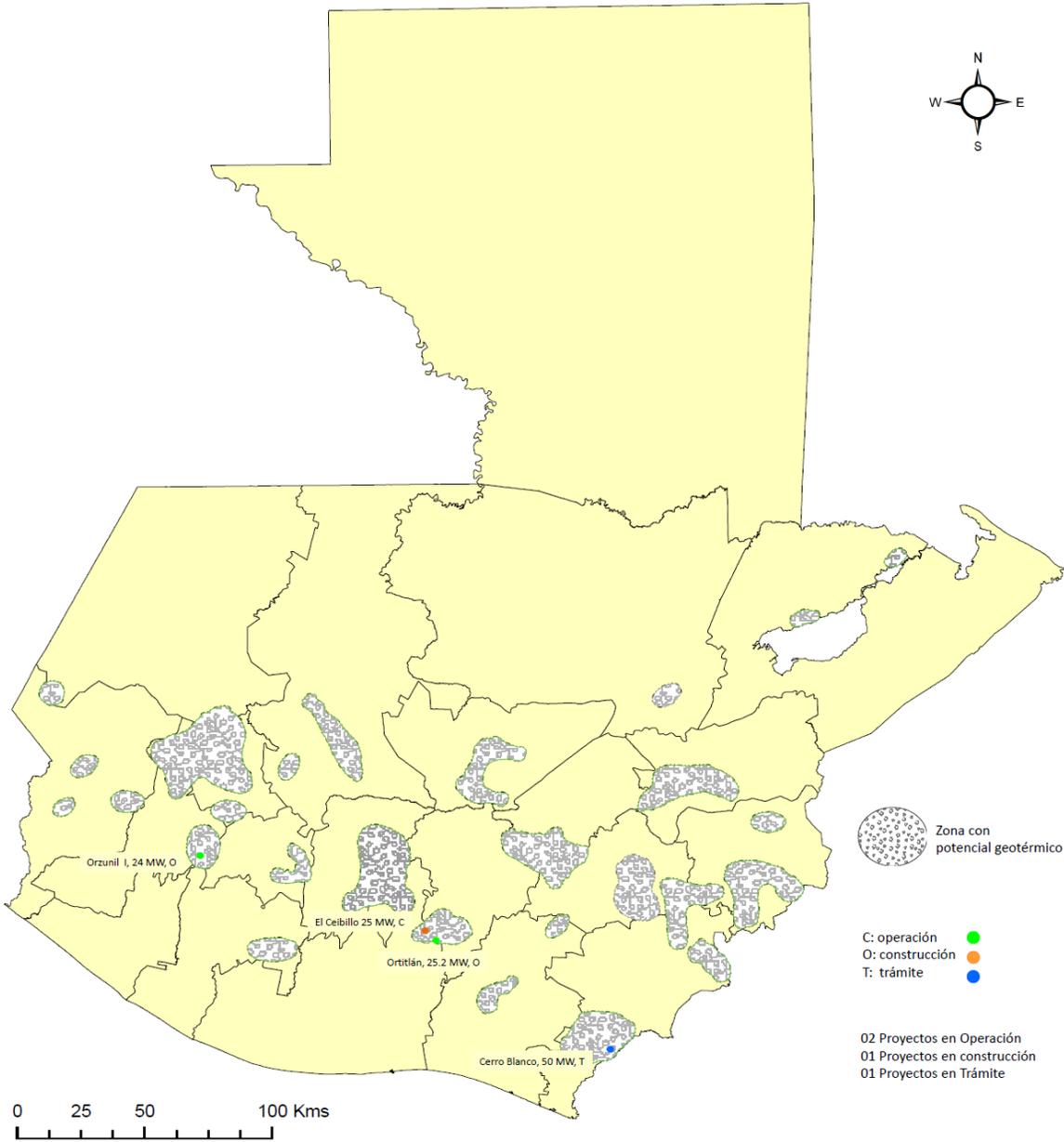
ÁREA		RECONOCIMIENTO 10,000-100,000 Km ²	PREFACTIBILIDAD 500-2,000 Km ²	FACTIBILIDAD 10-100 Km ²	DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN
	Zunil II (35 km²) Potencial: 35 MW Temp: 280 ^o -320 ^o C	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geología ➤ Geoquímica ➤ Geotermómetros 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estudios geológicos vulcanológicos y tectónicos Hidrogeología e hidrogeoquímica ➤ Pozos de diámetro reducido ➤ Estudios gravimétricos y resistivos ➤ Modelo Conceptual ➤ Informe de prefactibilidad por West Jec 1992. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No se han realizado pruebas en pozos por problemas de carácter social con la comunidad. 	
	Moyuta (336 km²) Potencial: 30MW Temp: 114 ^o -210 ^o C	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geología ➤ Geoquímica ➤ Geotermómetros 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estudios geológicos vulcanológicos y tectónicos ➤ Hidrogeología e hidrogeoquímica ➤ 12 Pozos de diámetro reducido y 1 de diámetro comercial. ➤ Estudios magnéticos, eléctricos, resistivos ➤ Modelo Conceptual ➤ Informe de Prefactibilidad por Electroconsult, 1977. ➤ Modelo geoquímico por el laboratorio Nacional Los Alamos, Estados Unidos. 1989. 		
	San Marcos (210 km²) Potencial: 50MW Temp: 225 ^o -255 ^o C	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geología ➤ Geoquímica ➤ Geotermómetros 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estudios geológicos vulcanológicos y tectónicos ➤ geoquímica ➤ Informe de Prefactibilidad por técnicos de la Unión Europea y el INDE, 1997. 		

ÁREA	RECONOCIMIENTO 10,000-100,000 Km ²	PREFACTIBILIDAD 500-2,000 Km ²	FACTIBILIDAD 10-100 Km ²	DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN
Tecuamburro (323 km ²) Potencial: 50MW Temp: 165 ⁰ -300 ⁰ C	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geología ➤ Geoquímica ➤ Geotermómetros 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estudios geológicos vulcanológicos y tectónicos ➤ Perforación de un pozo exploratorio ➤ Hidrogeología e hidrogeoquímica ➤ Estudios geofísicos AMT, multifrecuencia telúrica y resistividad. ➤ Informe de Prefactibilidad por laboratorio Nacional Los Alamos, Estados Unidos. 1989. 		
Mita (13.306 km ²) Potencial: 50MW Autorizado: 50 MW Temp: 180 ⁰ -240 ⁰ C	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geología ➤ Alteraciones hidrotermales 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Descubierta en 1997 por Goldcorp por una exploración de oro. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estudios Geológicos y tectónicos ➤ Perforación de pozos y pruebas ➤ Geoquímica, alteraciones hidrotermales ➤ Resistividad (MT) 	
Totonicapán (128 km ²) Potencial: 50 MW Temp: 265 ⁰ C	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geología ➤ Geoquímica ➤ Geotermómetros 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geología ➤ Geoquímica ➤ Sin perforación de pozos ➤ Gravimetría ➤ Estudio preliminar por el INDE. 		
Atitlán (483 km ²)Temp: 186 ⁰ C Palencia (362 km ²)Temp: 204 ⁰ C Motagua (336 km ²) Temp: 160 ⁰ C Ayarza (483 km ²)Temp: 182 ⁰ C Retana (324 km ²)Temp: 155 ⁰ C Ixtepeque-Ipala (304 km ²) Temp: 155 ⁰ C Los Achiotos (304 km ²)Temp: 155 ⁰ C	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geología ➤ Geoquímica ➤ Geotermómetros 			

ÁREA	RECONOCIMIENTO 10,000-100,000 Km ²	PREFACTIBILIDAD 500-2,000 Km ²	FACTIBILIDAD 10-100 Km ²	DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN
<p>La MemoriaTemp: 160° C</p> <p>MomostenangoTemp: 180° C</p> <p>Sacapulas-SacualpaTemp: 160° C</p> <p>ChimaltenangoTemp: 185° C</p> <p>AtitlánTemp: 150° C</p> <p>SanarateTemp: 185° C</p> <p>MonjasTemp: 160° C</p> <p>ZacapaTemp: 160° C</p> <p>CamotánTemp: 150° C</p> <p>GranadosTemp: 200° C</p> <p>EsquipulasTemp: 221° C</p> <p>Tajumulco</p> <p>Quiché</p> <p>Polochic- Agua Caliente</p> <p>San Marcos-Tacaná</p> <p>San Marcos-Malacatán</p> <p>Polochic-Cantún</p> <p>Polochic-Livinstong</p>	<p>➤ Reconocidos únicamente a través de manifestaciones superficiales (aguas termales) Y sus temperaturas son deducidas</p>			



MAPA DE ÁREAS CON POTENCIAL GEOTÉRMICO Y UBICACIÓN DE CENTRALES GENERADORAS CON ENERGÍA GEOTÉRMICA



Zona con potencial geotérmico

C: operación
 O: construcción
 T: trámite

02 Proyectos en Operación
 01 Proyectos en construcción
 01 Proyectos en Trámite

No.	Entidad	Proyecto	Municipio	Departamento	Capacidad instalada MW	Estado proyecto
1	Orzunil I de Electricidad, Limitada	Orzunil	Zunil	Quetzaltenango	24	Operación
2	Ortitlán, Limitada	Ortitlán	San Vicente Pacaya	Escuintla	25.2	Operación
3	US Geothermal Guatemala, S.A.	Planta Geotérmica El Ceibillo	Amatitlán	Guatemala	25	Construcción
4	Geotermia Oriental de Guatemala, S.A.	Cerro Blanco	Asunción Mita	Jutiapa	50	En trámite

DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA
 24 calle 21-12 zona 12, Guatemala (502) 2419-6363 www.mem.gob.gt

Base de datos y elaboración del
 Departamento de Energías Renovables

Actualizado a diciembre 2014