

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

**ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE USO DE ENERGÍA
GEOTÉRMICA EN CHILE**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero en PREVENCIÓN DE RIESGOS
LABORALES Y AMBIENTALES

Alumno:

Nicole Stephania Mella Méndez

Profesor Guía:

Sr. Enrique Calderón Carmona

2017

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres, Corina y José, quienes día a día se han esforzado para entregarme las herramientas y valores necesarios que me llevaron a lograr esta meta. También a mis hermanos; Sebastián y Pedro; a mi cuñada Paola, a Pascal, mi pareja y a mi prima Yoselin, que hicieron estos años mucho más gratos, agradezco enormemente sus constantes demostraciones de apoyo, cariño y preocupación que efectuaron en los momentos de debilidad. En cada momento que se me presentaba un problema con respecto a mi tesis y decaía anímicamente aparecía una de estas personitas y con un simple “tú puedes”, “eres capaz” o un simple “ánimo” acompañado de una rosita, hacían que la fuerza volviera a mí para continuar. Agradezco infinitamente su apoyo durante todos estos años, al igual que la confianza que han tenido en mí para sacar esto adelante.

Destaco igualmente a quien me guio y brindo siempre una palabra de apoyo para la realización de éste trabajo, mi profesor guía, un par de mamis adoptivas, aquellos cuatro personajes varones que la vida puso en mi camino y a esa palomita copiapina que se transformaron en mi familia mientras estaba fuera de casa. Gracias a ustedes y a mi mamita que nunca me soltó del todo fui capaz de superar cada obstáculo que aparecía a lo largo de mi carrera.

RESUMEN

KEYWORDS: ENERGÍA GEOTÉRMICA– ANÁLISIS – FACTIBILIDAD - ERNC - CHILE – ENERGÍA ELÉCTRICA

El objetivo del presente trabajo era realizar un análisis descriptivo sobre cómo la energía geotérmica puede ser una nueva fuente energética capaz de otorgar una potencia igual o superior a otras energías convencionales y dañinas para el medio ambiente.

En el primer capítulo se hizo una revisión bibliográfica con el fin de conocer el origen de la energía Geotérmica, cual es la experiencia existente en el extranjero con respecto a la utilización de ésta fuente y la situación a nivel nacional en cuanto al uso de la Geotermia. Se describió además, los tipos de sistemas para la extracción del recurso.

El segundo capítulo se trata sobre un análisis de la actual matriz energética de Chile donde se incluyó información acerca de cuáles son las ERNC y las no renovables. Se indicaron las fuentes que se utilizan en el país, resultando como predominante la energía Termoeléctrica y la Hidroeléctrica.

En el tercer y último capítulo se analizó mediante el análisis FODA y PESTEL la energía Geotérmica en el contexto nacional, con el fin de realizar un análisis de factibilidad para el país, donde se llegó a la conclusión que es necesario mitigar variadas barreras para que la energía Geotérmica sea factible en el país, las cuales son en su mayoría soluciones que debería aportar el Estado debido a que, se deben realizar modificaciones a las leyes implicadas en este contexto y apoyar económicamente a las empresas inversionistas.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

METODOLOGÍA

ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

JUSTIFICACIÓN

CAPÍTULO 1: ENERGÍA GEOTÉRMICA

- 1.1. ESTADO DEL ARTE
 - 1.1.1. Origen de la Energía Geotérmica
 - 1.1.2. Países que se destacan en la utilización de Energía Geotérmica
 - 1.1.3. Estudios de la Energía Geotérmica realizados en Chile
- 1.2. TECNOLOGÍA
 - 1.2.1. Sistema de conversión directa o vapor seco
 - 1.2.2. Sistema de expansión súbita de una etapa
 - 1.2.3. Sistema de expansión súbita de dos etapas
 - 1.2.4. Sistema de ciclo binario

CAPÍTULO 2: ENERGÍA ELÉCTRICA EN CHILE

- 2.1. ENERGÍA NO RENOVABLE Y RENOVABLE NO CONVENCIONAL
 - 2.1.1. Energías no renovables
 - 2.1.2. Energías renovables no convencionales
- 2.2. MATRÍZ ENERGÉTICA DE CHILE
 - 2.2.1. Energía termoeléctrica
 - 2.2.2. Energía Hidroeléctrica
 - 2.2.3. Composición de la matriz energética en Chile

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL CONTEXTO NACIONAL

- 3.1. ANÁLISIS FODA
 - 3.1.1. Fortalezas
 - 3.1.2. Oportunidades
 - 3.1.3. Debilidades
 - 3.1.4. Amenazas

3.2. ANÁLISIS PESTEL

3.2.1. Factores políticos

3.2.2. Factores económicos

3.2.3. Factores socioculturales

3.2.4. Factores tecnológicos

3.2.5. Factores ecológicos

3.2.6. Factores legales

3.3. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

3.3.1. Medidas implementadas relacionadas con las debilidades del país para desarrollar la Geotermia

3.3.2. Inversión necesaria para una planta Geotérmica

3.3.3. Zonas potenciales del país

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A: CONCESIONES DE ENERGÍA GEOTÉRMICA DE EXPLORACIÓN VIGENTES HASTA EL 1 DE DICIEMBRE DE 2016

ANEXO B: CONCESIONES DE ENERGÍA GEOTÉRMICA DE EXPLOTACIÓN VIGENTES HASTA EL 1 DE DICIEMBRE DE 2016

ANEXO C: MARCO REGULATORIO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN CHILE

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Equipo usado en Larderello-Italia en 1904

Figura 1-2. Complejo Geotérmico Geysers – EE.UU

Figura 1-3. Complejo Geotérmico Larderello – Italia

Figura 1-4. Complejo Geotérmico Cerro Prieto – México

Figura 1-5. Complejo Geotérmico Makban – Filipinas

Figura 1-6. Complejo Geotérmico Salton- Sea de Estados Unidos

Figura 1-7. Complejo Geotérmico Darajat- Indonesia

Figura 1-8. Sistema de conversión directa

Figura 1-9. Sistema de expansión súbita de una etapa

Figura 1-10. Sistema de expansión súbita de dos etapas

- Figura 1-11. Sistema de ciclo binario
- Figura 1-12. Condensador de placas
- Figura 1-13. Turbina de vapor de una instalación geotérmica
- Figura 1-14. Rotor y estator de un generador
- Figura 2-1. Sistema eléctrico interconectado de Chile
- Figura 2-2. Funcionamiento general de una central Termoeléctrica
- Figura 2-3. Central Termoeléctrica Laguna Verde ubicada en Valparaíso
- Figura 2-4. Funcionamiento de una central Hidroeléctrica de Embalse
- Figura 2-5. Funcionamiento de una central Hidroeléctrica de Pasada
- Figura 2-6. Central Hidroeléctrica Angostura ubicada en la VIII Región
- Figura 3-1. Potencial Geotérmico en Chile
- Figura 3-2. Mapa de ubicación de las emisiones termales de la Región de Los Lagos.
(Cordillera de la Costa en gris, Depresión Central en amarillo y Cordillera Principal en pardo anaranjado)

ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico 2-1. Capacidad instalada de energía eléctrica en Chile al año 2010
- Gráfico 2-2. Generación eléctrica en Chile al año 2010
- Gráfico 2-3. Composición del SIC a Junio del 2016
- Gráfico 2-4. Composición del SING a Junio del 2016
- Gráfico 2-5. Composición del SEA a Junio del 2016
- Gráfico 2-6. Composición del SEM a Junio del 2016
- Gráfico 2-7. Composición del SIC a Marzo de 2017
- Gráfico 2-8. Composición del SING a Marzo de 2017
- Gráfico 2-9. Composición del SEA a Marzo de 2017
- Gráfico 2-10. Composición del SEM a Marzo de 2017

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

- Diagrama 2-1. Fuentes de energía

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1.	Capacidad de energía eléctrica instalada en Chile por cada Sistema según reporte mensual de Junio del 2016
Tabla 2-2.	Composición de la matriz energética de Chile a Junio del 2016
Tabla 2-3.	Capacidad de energía eléctrica instalada en Chile por cada Sistema según reporte mensual de Marzo del 2017
Tabla 2-4.	Composición de la matriz energética de Chile a Marzo del 2017
Tabla 3-1.	Empleos relacionados con el desarrollo de una planta Geotérmica de 50MW
Tabla 3-2.	Costos Directos de Capital (US\$/KW capacidad instalada)
Tabla 3-3.	Costos de generación eléctrica por diferentes fuentes energéticas
Tabla 3-4.	Costo directo de capital por diferentes fuentes energéticas

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

SIGLA

%	: Porcentaje
ACERA	: Asociación Chilena
AIE	: Agencia Internacional de la Energía
CFE	: Comisión Federal de Electricidad
CNE	: Comisión Nacional de Energía
COREMA	: Comisión Regional del Medio Ambiente
CORFO	: Corporación de Fomento de la Producción
ENAP	: Empresa Nacional de Petróleo
ERNC	: Energías Renovables No Convencionales
FODA	: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas
GDN	: Geotérmica Del Norte
GEI	: Gases de Efecto Invernadero
OCDE	: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OIT	: Organización Internacional del Trabajo
PESTEL	: Factores Políticos, Económicos, Socioculturales, Tecnológicos, Ecológicos y Legislativos.
RCA	: Resolución de Calificación Ambiental
SEA	: Sistema Eléctrico de Aysén
SEM	: Sistema Eléctrico de Magallanes
SERNAGEOMIN	: Servicio Nacional de Geología y Minería
SIC	: Sistema Interconectado Central
SING	: Sistema Interconectado del Norte Grande

SIMBOLOGÍA

¢US\$	: Centavos de dólares
°C	: Grados Centígrados
CO	: Monóxido de Carbono
CO ₂	: Dióxido de Carbono
GWh	: Gigawatts por hora
H ₂ O	: Agua
km.	: Kilómetros

kWh	: Kilowatts por hora
m.	: Metros
MW	: Megawatts
MWe	: Megawatts eléctrico
MWt	: Megawatts térmico
Ni	: Níquel
NO _x	: Óxidos de Nitrógeno
PM10	: Material Particulado menor o igual a 10 micrones
SO ₂	: Dióxido de Azufre
US\$	: Dólares
V	: Vanadio
µm	: Micrómetro

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se están estudiando las posibilidades de utilizar otro tipo de energía amigable con el medio ambiente, que sea renovable, limpia y segura, de esta forma se comenzaron a desarrollar las energías alternativas o también conocidas como ERNC, las cuales contribuyen al mantenimiento de los recursos naturales.

En el país existen muchas fuentes disponibles de energía renovable, tales como las fuentes hídricas, eólicas y de biomasa. Es de gran importancia conocer si el recurso del calor de la Tierra es también una posibilidad viable para lograr contar con una fuente de energía renovable adicional a la que se pueda acudir, ya sea de forma permanente o en casos de necesidad. Una de las energías de interés a nivel mundial es la energía Geotérmica [1], que se encuentra almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la tierra y que se denomina gradiente térmico. Normalmente, existe un aumento de 2 a 4°C de temperatura por cada 100 m. que descendemos al interior de la tierra, pero hay zonas en que este aumento es mucho mayor y es cuando de este calor se puede generar energía eléctrica, entregando un suministro de energía constante.

Es posible que en Chile exista potencial para poder desarrollar éste tipo de tecnología, y de esa forma contribuir a la red eléctrica nacional con más fuentes renovables con la finalidad de que cada vez exista una mayor independencia energética tanto de los combustibles fósiles como de otros países.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un análisis de la implementación del uso de Energía Geotérmica en Chile.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una revisión bibliográfica sobre la experiencia del uso de energía Geotérmica en el mundo y su origen.
- Determinar el estado actual de la matriz energética en Chile.

- Elaborar un análisis de factibilidad técnica, ambiental y de aspectos económicos sobre la implementación de tecnologías de energía Geotérmica como parte de la matriz energética de Chile.

METODOLOGÍA

ETAPA 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. La primera etapa se llevará a cabo mediante la revisión de sitios web de noticieros, revistas, diarios y publicaciones validadas en donde se haga alusión, se mencione y explique el uso y origen de la energía Geotérmica, la experiencia existente a nivel mundial y nacional con respecto al uso de esta fuente energética y, los tipos de sistemas que se utilizan según como se encuentre el recurso. Estas páginas deberán ser en lo posible lo más actualizadas, es decir, publicaciones y/o trabajos realizados durante los últimos diez años.

ETAPA 2: MATRIZ ENERGÉTICA DE CHILE. Para cumplir a cabalidad con esta etapa se realizará un análisis de estudios e informes entregados por distintas páginas del gobierno relacionadas con la energía en Chile, tales como; la del Ministerio de Energía, Servicio de Evaluación Ambiental y de la Comisión Nacional de Energía, esto con la intención de obtener datos sobre la actual matriz energética de Chile, se analizará tanto el ámbito tecnológico como el ambiental, sin dejar de mencionar algunos ítem relacionados con el uso de ERNC y energías no renovables.

ETAPA 3: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN. La última etapa se llevará a cabo a través de la determinación de la factibilidad sobre la implementación de tecnologías de energía Geotérmica en Chile. Se obtendrán datos a partir de documentos de estudios, trabajos e informes que traten de la energía Geotérmica y las barreras de implementación existentes en el país.

ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

En síntesis este trabajo trata sobre un análisis científico y tiene el propósito de estudiar la factibilidad de implementación de centrales Geotérmicas en Chile para generar electricidad, analizando cada uno de los sistemas eléctricos que abastecen al país, el

Sistema Interconectado Central (SIC), el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), el Sistema de Electricidad de Aysén (SEA) y el Sistema de Electricidad de Magallanes (SEM). Se estudiarán las condiciones en las que se encuentra en cuanto a proyectos de esta índole y se averiguara cuáles son las razones sociales, políticas y/o tecnológicas de por qué en Chile no se aprovecha esta fuente para generar energía eléctrica. Se considerarán de igual forma las razones económicas, con el objetivo de realizar un análisis costo/beneficio de la utilización de esta fuente de energía en el país, excluyendo de esta investigación la elaboración de un estudio de pre factibilidad económica.

Se realizará una investigación en cuanto al impacto ambiental que se produciría al implementar una central Geotérmica en Chile, estudiando meticulosamente cualquier daño al medioambiente o al ecosistema.

Por lo tanto, este trabajo apunta a reflexionar sobre esta implementación, ya que según estudios el país al estar ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico cumpliría con todos los requisitos, y más bien es un país idóneo según las empresas Geotérmicas extranjeras para que la utilización de esta energía funcionara de forma ventajosa.

JUSTIFICACIÓN

En consecuencia, a la creciente demanda energética que ha tenido el país, es que se ha fijado como meta producir el 20% de la energía del país con fuentes de ERNC para el año 2025. [2] Y aunque en los últimos tiempos el uso de estas fuentes ha incrementado, solo se han multiplicado las Termoeléctricas y las Hidroeléctricas, opciones que conllevan múltiples desventajas en comparación a lo que sería el aprovechamiento de la energía Geotérmica.

Implementar esta fuente de energía en Chile genera un interés creciente en las empresas Geotérmicas internacionales debido a que según estudios realizados Chile tiene una capacidad potencial factible de 3350 MW, presentándose ésta como una de las mejores opciones para cubrir la gran demanda energética a futuro, puesto que para ese entonces depender de los combustibles fósiles sería muy arriesgado a causa de las fluctuaciones de los suministros y precios internacionales que los afecta. Y las centrales hidroeléctricas se verán aún más afectadas que en la actualidad dado que hoy en día ya presenta un agotamiento importante. [3]

La energía Geotérmica es una fuente de energía de generación limpia, produce sólo la sexta parte de dióxido de carbono emitido por un yacimiento de gas natural y a

diferencia de las plantas hidroeléctricas no causa mayores impactos de carácter irreversible sobre los ecosistemas frágiles. Además, es una fuente que tiene una disponibilidad constante y estable; y contribuiría a evitar que el país sea dependiente energéticamente. Adicionalmente es una fuente renovable y sostenible dado que el recurso utilizado es re inyectado a los mismos pozos. [4]

Por último, cabe mencionar que la implementación de esta fuente de energía en Chile potenciaría el crecimiento económico del país gracias a la generación de nuevos empleos, ya que según un estudio en España en un proyecto de 20 MW se genera empleo para al menos 330 personas sólo en la etapa de construcción. [5]

CAPÍTULO 1: ENERGÍA GEOTÉRMICA

1. ENERGÍA GEOTÉRMICA

En el presente capítulo se desarrollará el estado del arte sobre el origen de la Energía Geotérmica, la experiencia existente a nivel internacional y nacional, además de explicar su funcionamiento y la tecnología utilizada.

1.1. ESTADO DEL ARTE

A continuación, a través de una minuciosa revisión bibliográfica, se describe el origen de la Energía Geotérmica, los países que se destacan en utilizarla y los estudios existentes en Chile sobre ésta fuente energética.

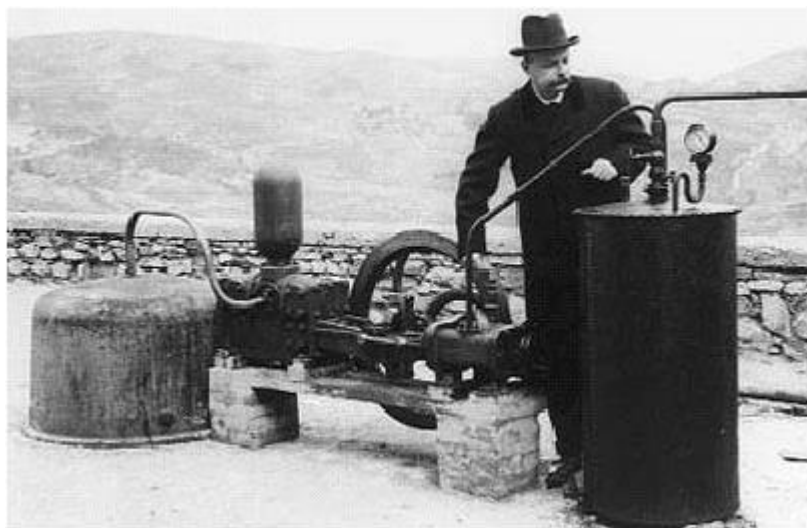
1.1.1. Origen de la Energía Geotérmica

Según estudios realizados la utilización de la energía Geotérmica comenzó mucho antes de que se conociera como tal, en tiempos de griegos y romanos se utilizaban las aguas termales emanadas del subsuelo para uso doméstico y sanitario. Era utilizada para cocinar alimentos, darse baños con agua caliente e incluso, gracias a sus propiedades se empleaba con fines médicos, ya que contenían minerales.

En el siglo XIX, gracias a los avances tecnológicos se pudo realizar estudios para la generación de energía eléctrica a través del uso de la Geotermia, ya que se pudieron ejecutar sondeos a una mayor profundidad permitiendo la explotación del subsuelo a mayor escala. Claro que éste no fue el propósito del francés François Larderel al momento de explotar yacimientos geotérmicos en la localidad de Larderello, Toscana (Italia), su intención era encontrar ácido bórico. [6] Fue así como en 1818, luego de descubrir el mineral fundó su propia industria, donde se extraía el ácido bórico de las aguas calientes que emergían de los pozos perforados a través del proceso de evaporación, donde se utilizaba como combustible la madera de los bosques aledaños. [7]

Ya 1827 el francés debió crear un nuevo sistema debido a la rápida e irreversible deforestación que se estaba generando en la zona, es por esta razón que el sistema que ideo para extraer ácido bórico utilizaba el calor de los fluidos emanados desde los pozos en el proceso de evaporación, reemplazando así la quema de madera, el éxito de éste proyecto provocó que otras localidades desarrollaran experiencias parecidas, como lo fue el claro ejemplo del barrio de Grenelle en París, donde se realizó un sondeo de 548 m. de

profundidad para obtener agua potable a una temperatura de 30°C. Al transcurrir el tiempo surgió una nueva forma de extraer ácido bórico, razón por la cual los pozos de Larderello comenzaron a perder valor, fue en este momento que el francés decide dar en parte de dote estos yacimientos a su yerno el príncipe Piero Ginori Conti, quien comenzó a experimentar la forma de generar energía eléctrica a partir del vapor proveniente del subsuelo, fue así como en 1904 el príncipe logra encender cinco focos eléctricos utilizando un dinamo accionado con vapor natural extraído de las profundidades de aquellos pozos que en un principio fueron explotados para extraer ácido bórico. [8]



Fuente:<http://www.mailxmail.com/curso-centrales-energia-geotermica-2-2/energia-geotermica- tecnologia>

Figura 1-1. Equipo usado en Larderello-Italia en 1904

Ya en 1913 entró en funcionamiento la primera y única planta Geotérmica existente hasta 1958 en Larderello, Italia, con una capacidad de generación de 250 MW. Se comprendía de una turbina diseñada y construida por los Ingenieros Tosi Electromechanical Company, la cual funcionaba a partir del vapor emanado del subsuelo, la planta funcionó sin interrupciones hasta 1944 proporcionando calefacción a invernaderos, edificios industriales y residenciales. Durante ese mismo año mientras transcurría la Segunda Guerra Mundial la central, los pozos y tuberías fueron destruidos debido a bombardeos ejecutados por las tropas alemanas, siendo luego reconstruida. Hoy en día tiene 103 años de funcionamiento. [9]

Con el transcurso del tiempo se fue ampliando el uso de la energía Geotérmica para producir electricidad, así como también para usos de calefacción en países como Estados Unidos, China, Francia, Turquía, Islandia, entre otros. En este último, Islandia,

casi la totalidad de su población, el 95%, cuentan con calefacción proveniente de la utilización de esta energía convencional no renovable.

Según estudios se estimaba que para el año 2005 existiría a nivel mundial una capacidad geotermal- eléctrica de 9000 MWe y una capacidad de 15000 MWt para usos de calefacción. [6]

1.1.2. Países que se destacan en la utilización de Energía Geotérmica

Hoy en día ya son múltiples los países volcánicamente activos que aprovechan la energía Geotérmica para generar electricidad, calefacción y refrigeración, entre ellos se puede mencionar Islandia, Nueva Zelanda, Japón, Filipinas y el Oeste de Estados Unidos. Se destaca Filipinas con tres de las más grandes centrales Geotérmicas en el mundo, seguida por Estados Unidos e Indonesia con dos centrales. Y México, Italia e Islandia cuentan con una central. [10]

Al clasificar los países que utilizan esta energía renovable no convencional según la capacidad neta instalada la más grande es el complejo Geysers que está situado en las montañas Mayacamas, a unos 121 km. Al norte de San Francisco en California. Tiene una capacidad instalada de 1517 MW y una capacidad de producción activa de 900 MW. Este campo geotérmico fue iniciado por Pacific Gas & Electric comenzando su producción en el año 1960 con una primera planta que tenía una potencia instalada de 11 MW. Hoy en día cuenta con un total de 22 plantas, de las cuales 19 son propiedad de Calpine, aunque solo se encuentran 15 en funcionamiento. Otras dos plantas que se encuentran operativas pertenecen en conjunto a Northern California Power Agency, Silicon Valley Power y Us Renewables Group; y la última planta de 26 MW que se encuentra en construcción pertenece a RamPower. [11]

The Geysers es un campo de vapor seco que produce vapor sobrecalentado, se obtiene de los más de 350 pozos existentes que tienen una profundidad de al menos de 3 kilómetros, este vapor es distribuido hacia todas las plantas por una larga red de tuberías de más de 128 km, el cual hace girar unas turbinas que se encuentran a su vez conectadas a unos generadores. Una vez que el vapor se enfría se convierte en agua y este líquido es re inyectado al subsuelo para recargar los acuíferos y volver a producir vapor, cabe mencionar que también se utilizan las aguas residuales en la etapa de re inyección a la tierra, a través de tuberías subterráneas. Estas aguas provienen de la ciudad de Santa Rosa, que se encuentra situada a orillas de los montes Sonoma. [12]

Este complejo geotérmico abastece la electricidad a la población de Sonoma, Lake, Mendocino, Marin y los condados de Napa. Además, según estudios suministra el

60% de la energía que se demanda en la región costera entre el Golden Gate y la frontera del Estado de Oregon. [11]



Fuente: <http://www.revistavivienda.com.ar/destacadas/las-plantas-de-energia-geotermica-mas-grandes-del-mundo>

Figura 1-2. Complejo Geotérmico Geysers – EE.UU

Luego del complejo geotérmico Geysers, la segunda central más grande del mundo es el complejo Geotérmico Larderello, ubicado en la Toscana, Italia, con una capacidad neta total de 769 MW. Este campo geotérmico fue iniciado por el Príncipe Piero Ginori Conti en el año 1913, pero en la década del 70 la producción de esta central comenzó a decaer y Enel Green Power, los actuales propietarios de las 34 plantas existentes, decidieron re inyectar el vapor condensado a la tierra y de esta forma aseguraron la continuidad de la planta que hoy en día tiene 103 años de funcionamiento. [7]

Larderello es un campo de vapor seco, al igual que The Geysers, por lo tanto, utiliza el sistema de conversión directa, que es el más simple, común y atractivo desde el punto de vista comercial. Aquí el vapor se utiliza directamente en el proceso una vez que se encuentre libre de las partículas sólidas y gases condensables, este acciona una turbina que, gracias a un generador conectado a ella produce energía eléctrica. Al mismo tiempo una parte del vapor es desviado a un condensador donde se convierte en agua líquida saturada, este líquido se envía a una torre de enfriamiento y desde aquí una fracción de agua se re inyecta a los acuíferos y lo restante se envía al condensador para que sirva de fluido refrigerante. [13]

El complejo Geotérmico genera el 10% de la totalidad de energía Geotérmica producida en el mundo y casi el 27% de las necesidades energéticas que tiene la región,

además abastece a 8700 usuarios de calefacción y presta servicio a 25 hectáreas de invernaderos. [10]



Fuente:<http://www.revistavivienda.com.ar/destacadas/las-plantas-de-energia-geotermica-mas-grandes-del-mundo>

Figura 1-3. Complejo Geotérmico Larderello – Italia

En tercer lugar, se encuentra el complejo Geotérmico Cerro Prieto, situado a 35 km de la ciudad de Mexicali, en Baja California al norte de México. Esta planta, al igual que todas las centrales Geotérmicas existentes en México, es propiedad de la CFE, tiene una capacidad total de 720 MW, la que se distribuye en 5 plantas que constan de 13 unidades. Fue iniciado en 1973 con una primera planta que tiene una capacidad neta instalada de 180 MW, mientras que la cuarta planta fue instalada en el año 2000 y está compuesta por cuatro turbinas, cada una con una capacidad de 25 MW. En el año 2009 se propuso la construcción de una quinta planta, la cual añadiría 100 MW al complejo geotérmico a través de dos turbinas de 50 MW cada una, la que hoy en día se encuentra en construcción. [14]

Cerro Prieto es un campo que se encuentra ubicado en una zona de México que es mayoritariamente agrícola, por lo tanto, no tiene un alto consumo de energía eléctrica, lo que lleva a que exista un excedente de producción, el cual es exportado a Estados Unidos. [15]



Fuente:<http://www.revistavivienda.com.ar/destacadas/las-plantas-de-energia-geotermica-mas-grandes-del-mundo>

Figura 1-4. Complejo Geotérmico Cerro Prieto – México

En cuarto lugar, se ubica el complejo Geotérmico Makban, conocido también como Makiling- Banahaw, se encuentra situado en los municipios de Bahía y Calauan en la provincia de Laguna y, Santo Tomás, en la provincia de Batangas (Filipinas). Este complejo es propiedad de AP Renewables, una subsidiaria propiedad de Aboitiz Power, está compuesto por seis plantas de energía que comprenden 10 unidades, además de una que funciona bajo el sistema de ciclo binario que cuenta con cinco unidades de 3 MW y una de 0,73 MW, teniendo en total una capacidad de producción de 458 MW. [10]

Makban es un campo que funciona bajo el proceso conocido como Vaporización Instantánea o sistema de expansión súbita de una etapa, ya que los pozos de donde se extrae el vapor son de grandes profundidades, es por esta razón que el agua se encuentra a altas presiones y una vez que sube a la superficie la presión disminuye y la mayoría del agua se convierte en vapor inmediatamente, este vapor es distribuido entre las diferentes plantas de energías. El primer paso es llevar el vapor a través de tuberías a un separador o salmuera Geotérmica, donde esté se aísla de los resto de agua caliente, luego de esta etapa pueden quedar aún pequeñas gotas de agua que contienen minerales, es debido a esto que el vapor es dirigido a una depuradora, donde se eliminan dichas gotas, en el trayecto el vapor se condensa por lo que es llevado a una segunda depuradora para finalmente hacerlo llegar a una turbina donde el movimiento activa un generador eléctrico. Cabe mencionar que una vez utilizado el vapor, este se enfría y se re inyecta en forma líquida a los acuíferos. [16]



Fuente:<http://www.revistavivienda.com.ar/destacadas/las-plantas-de-energia-geotermica-mas-grandes-del-mundo>

Figura 1-5. Complejo Geotérmico Makban – Filipinas

Entre otros complejos Geotérmicos que se destacan se puede mencionar Salton – Sea de Estados Unidos, que tiene una capacidad de generación combinada de 340 MW distribuidos en un conjunto de 10 plantas ubicadas en Calipatria, cerca del Mar de Salton en el Valle Imperial de California del Sur.



Fuente:<http://www.revistavivienda.com.ar/destacadas/las-plantas-de-energia-geotermica-mas-grandes-del-mundo>

Figura 1-6. Complejo Geotérmico Salton- Sea de Estados Unidos

La sigue la central Hellisheidi situada en Islandia, que tiene una capacidad de producción de 400 MW de calefacción y 303 MW de energía eléctrica que se distribuyen en siete turbinas, seis de alta presión y una de baja.

En séptimo lugar se encuentra Tiwi, un complejo geotérmico ubicado en Filipinas, específicamente en la provincia de Albay, a unos 300 km. al sureste de Manila.

Cuenta con tres plantas de energía que disponen de dos unidades cada una, logrando una capacidad neta de 289 MW. Malitbog, situado también en Filipinas se encuentra en el octavo lugar, con tres turbinas de condensación de flujo doble de un solo cilindro, genera una capacidad total de 232,5 MW. Lo sigue el complejo Geotérmico Wayang Windu de Indonesia, ubicado en la provincia de Java Occidental, está compuesta por tres turbinas que en conjunto tienen una capacidad de producción de 227 MW.

Finalmente se encuentra la central Geotérmica Darajat, situada igualmente en Indonesia, en el Distrito de Pasirwangi en Java Occidental. Tiene una capacidad total instalada de 259 MW distribuido en sus tres plantas que proveen electricidad a las provincias de Java y Bali, las cuales fueron entregadas respectivamente en 1994, 2000 y 2007, incluyendo el sistema de recolección de vapor [10]



Fuente:<http://www.revistavivienda.com.ar/destacadas/las-plantas-de-energia-geotermica-mas-grandes-del-mundo>

Figura 1-7. Complejo Geotérmico Darajat- Indonesia

1.1.3. Estudios de la Energía Geotérmica realizados en Chile

Al comenzar a indagar por qué en Chile aún no se utiliza la energía Geotérmica para generar electricidad, siendo que cumple con la mayoría de requisitos para que se pueda implementar, son variados los estudios, informes y noticias en donde se apuntan diferentes razones asociadas a la inexistencia de esta energía renovable no convencional en el país.

Según información recabada del año 2009 los obstáculos de porque en Chile aún no se produce ningún MW en plantas Geotérmicas están en la normativa, en las instituciones y en el financiamiento. Se explican diferentes ítems relacionados con cada

uno de los obstáculos nombrados, proponiendo finalmente algunas soluciones, como lo es realizar una mayor inversión de fondos de parte del estado destinada a los estudios preliminares de identificación del reservorio energético, mejorar los catastros de recursos, ya que se menciona que SERNAGEOMIN debería contar con un estudio detallado de las zonas energéticas y de esta forma aportaría a los concesionarios vigentes a mitigar los costos de exploración, se debiese formar especialistas en Geotermia, dado que se debe recurrir al extranjero al momento de necesitar personal calificado en este tema y por otra parte, modificar normativas y leyes vigentes en lo que respecta al proceso licitatorio y a los plazos de la concesión, para despejar las dudas respecto de las situaciones en que un proyecto geotérmico debe ingresar al Servicio de Evaluación Ambiental. En general apunta que la solución primordial es dar una mayor política de promoción y desarrollo de la Geotermia. [4]

Luego en el año 2014 se realiza una publicación en el diario el Dinamo, donde se responde a la pregunta ¿En que esta la energía Geotérmica en Chile? Se menciona que un proyecto Geotérmico requiere una alta inversión económica, sobretodo en la etapa de exploración, donde se deben realizar estudios de suelo y excavaciones con maquinarias que en Chile no se encuentran, por lo que se debe recurrir al extranjero al momento de comenzar con esta etapa del proyecto, esto significa un alto riesgo en la etapa inicial al momento de emprender este proyecto. Según la publicación esta sería una de las barreras principales de porque Chile aún no cuenta con esta energía renovable, como respuesta a esto Carlos Finat, Director Ejecutivo de la ACERA, comenta que el riesgo compartido con el Gobierno es una medida que se ha tomado en todos los países donde la Geotermia ha tenido resultados positivos. Se menciona lo factible que es contar con este tipo de energía limpia en Chile debido a que presenta múltiples ventajas, además de ser uno de los países que se ubican en el “Cinturón de Fuego”, al igual que Japón, Nueva Zelanda, México y Estados Unidos, países que cuentan con plantas Geotérmicas en pleno funcionamiento. Se realiza una minuciosa comparación entre la energía Geotérmica con otras energías renovables no convencionales, especificando que esta tiene un factor de planta muy alto, ya que no depende de la hora del día, las mareas o la fuerza del viento. En cuanto al impacto ambiental que una planta Geotérmica provocaría, añade que sería un impacto bajo dado que una central con este sistema en buenas condiciones solo generaría como emisión al medio ambiente vapor de agua, afirmación que se demuestra a través de la descripción de un hecho ocurrido en septiembre del 2009, en donde surgió desde el proyecto de prospección una columna de 60 m. de agua y vapor en la Quebrada Zoquete, lo que provocó que COREMA paralizara el proyecto de exploración que llevaba a cabo Geotérmica del Norte, resolución que fue descartada al año siguiente, dado que el consejo de defensa del estado concluyó que el accidente no había provocado daños a los géiseres

ni al ecosistema, ya que la columna de vapor no contenía materiales contaminantes. De esta forma se inauguró en Chile la experiencia de la Geotermia con el Tatio. [2]

Luego el mismo año se genera un informe que apunta a problemas similares a los nombrados anteriormente, mencionando que Chile tiene un gran potencial en reservorios geotérmicos pero el gran problema es el alto riesgo asociado a las primeras etapas del proyecto, debido a que no existe oferta de máquinas de perforación y a la falta de profesionales especializados en el tema, a todo esto en el trabajo se proponen maneras concretas para mejorar la situación actual como, generar una oferta local de perforación y de profesionales capacitados en conocimientos de la Geotermia y crear un seguro de perforación. Sin dejar de lado el proceso de licitación, el cual se debería perfeccionar. [17]

La noticia más alentadora sobre la utilización de esta energía en Chile la realiza el representante de la empresa neozelandesa Mighty River Power (MRP), Rüdiger Trenkle, quien dirige el proyecto de Tolhuaca en el país. En el año 2013 declara en una entrevista para el diario de negocios El Pulso que en el mejor de los casos la primera central Geotérmica en Chile estaría para el año 2018, ya que además de requerir múltiples exploraciones antes de desarrollar esta tecnología se suman problemas como el poco apoyo del Estado a la Geotermia. Menciona variadas condiciones que impiden el desarrollo de una planta Geotérmica en el país, por ejemplo que la exploración (etapa en la que más se ha invertido junto con la realización de perforaciones de producción) es muy costosa y tiene un alto riesgo además, que en Chile es muy complicado asegurar la venta de esta energía a un precio que rentabilice la inversión. Finalmente termina concluyendo que hace falta un apoyo a la política de cambiar la matriz energética por parte del gobierno. [17] La central Geotérmica Curacautín, aspectada como la primera central existente a futuro en Chile que produciría energía eléctrica a partir de la Geotermia, se encuentra situada en el noroeste del inactivo volcán de Tolhuaca, en la zona volcánica del sur de la Cordillera de los Andes, Pero el único acceso existente se encuentra por Curacautín, es debido a esto que se le asigna el nombre de Geotérmica Curacautín. En el año 2009 se realizó la primera exploración en el volcán Tolhuaca, donde los equipos utilizados debieron trasladarse en helicópteros, basto con realizar una perforación de 1.071m. para saber que el proyecto era fiable, luego en el año 2010 se realizó la segunda perforación y se terminó de construir el camino que sería la vía de evacuación para todas las maquinarias utilizadas, se denominó Geotermia Curacautín y además se obtuvo la concesión de Explotación. [18]

En el año 2012 se avanzó con un plan de inversión de más de 50 millones de dólares, con lo que fue posible realizar la perforación de dos pozos profundos además de construir un campamento con muy buenos estándares de seguridad para los trabajadores, ya en agosto del mismo año se concluyeron exitosamente las pruebas de flujo del segundo

pozo profundo, el cual se convirtió en el pozo más importante de Sudamérica teniendo una capacidad de 12 MW de potencia. Finalmente, en el año 2013, tras un año de trámites en el Servicio de Evaluación Ambiental se obtuvo la Resolución de Calificación Ambiental (RCA), donde se aprobó la construcción de la Central Geotérmica Curacautín en la región de la Araucanía. Se estima que podría generar unos 535 GWh al año, satisfaciendo la demanda de alrededor de 280 mil hogares. [18]

En abril del 2016 se dio a conocer la noticia que la empresa neozelandesa habría cerrado sus faenas en el volcán Tolhuaca, debido a la baja de precio que ha sufrido la energía a causa de la entrada masiva de nuevas ERNC y también por el alto costo de inversión que ha significado éste proyecto, a mediados de marzo fue que la empresa decidió retirar sus instalaciones de la zona.

A esta fecha el proyecto Geotérmico más avanzado en Chile es el de cerro Pabellón, ubicado en la II región en la comuna de Ollagüe y se encuentra a cargo de Geotérmica del Norte S.A (GDN) que es propiedad de Enel Green Power en un 51%, (Empresa que en marzo del presente año fue absorbida por Enel –italiana, controladora de Enersis y Endesa) y ENAP (un 49%). El proyecto está compuesto de dos unidades de 24 MW con una capacidad instalada bruta de 48 MW. Contempla una inversión cercana a los US\$ 320 millones, con la capacidad considerada actualmente, la central sería capaz de producir cerca de 340 GWh al año, equivalente a las necesidades de consumo de unos 154 mil hogares chilenos. La iniciativa, sin embargo, no ha estado exenta de polémicas, puesto que la central tendría un contrato que establecería que la planta le vendería a Endesa Chile la electricidad a un precio de US\$ 120 por MWh, cuando el valor real sería menos de la mitad. La central tiene prevista su marcha para el primer semestre del 2017 y la energía producida ira inyectada al SING. [19]

1.2. TECNOLOGÍA

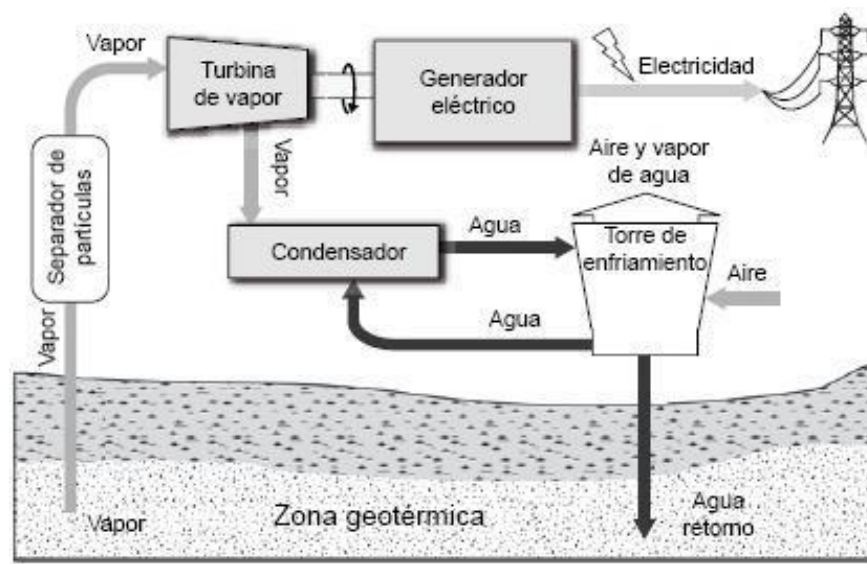
A continuación, se describirá el proceso que se realiza para generar energía eléctrica utilizando una fuente Geotérmica, además de explicar los tipos de sistemas que se utilizan frecuentemente y la tecnología empleada en cada etapa.

La entalpía es el factor del que dependerá el grado de aprovechamiento que se le dé a un yacimiento geotérmico, si la entalpía es alta, se utilizan plantas térmicas para aprovechar el calor y generar energía eléctrica, en cambio si la entalpía es baja el calor suele emplearse para el calentamiento de un fluido y también podría utilizarse para la generación de electricidad, pero con bajo rendimiento.

El proceso de generación de energía eléctrica a través de una fuente Geotérmica inicia con la extracción de vapor de agua o de agua líquida desde los pozos productores, el cual se debe evaporar en caso de ser necesario, para posteriormente ser utilizado en el accionamiento de una turbina que se encuentra acoplado a un generador eléctrico, desde aquí se inyectan los voltios a las líneas de alta potencia para finalmente ser entregados a las subestaciones y de ahí hacia los hogares, colegios, hospitales, empresas, entre otros. En medio del proceso, una vez que se genera vapor geotérmico, luego de haber hecho girar la turbina, éste es condensado y re inyectado al subsuelo, ese proceso permite que la energía Geotérmica sea un sistema cíclico y renovable.

Existen a grandes rasgos cuatro formas de explotación eléctrica de las fuentes Geotérmicas según el sistema de ciclo utilizado:

1.2.1. Sistema de conversión directa o vapor seco



Fuente:<https://sostenibilidadyenergia.com/2013/01/29/sistemas-de-aprovechamiento-de-fuentes-geotermicas-iii/>

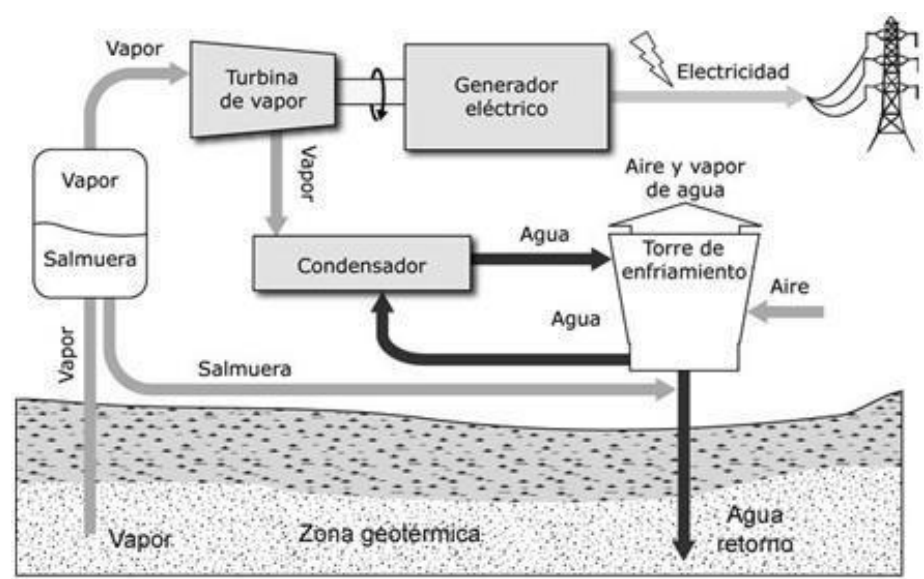
Figura 1-8. Sistema de conversión directa

Éste sistema se utiliza en yacimientos hidrotérmicos donde predomina vapor de agua con temperaturas de 180 – 185°C, una vez que es extraído de los pozos subterráneos mediante tuberías es sometido a un separador de partículas, donde se separa el vapor de las posibles partículas sólidas y gases no condensables (CO₂ y H₂O) por su efecto corrosivo. El vapor obtenido es utilizado para accionar una turbina que se encuentra mecánicamente conectada a un generador eléctrico dando como resultado la generación

de corriente eléctrica. Una vez que el vapor pasa por la turbina se dirige a un condensador, donde se convierte en agua líquida saturada, está es enviada a una torre de enfriamiento para que sirva posteriormente de refrigerante en el propio condensador y, el resto, se inyecta al subsuelo.

Éste tipo de sistema es el más atractivo desde el punto de vista comercial, dado que los costos de instalación varían entre US\$1,8 millones y US\$2,2 millones por MW [20], además se considera una de los sistemas más simple y común, aun cuando el vapor geotérmico es generalmente agresivo y puede generar problemas de corrosión e incrustación, lo que lleva a un aumento en los costos de mantención.

1.2.2. Sistema de expansión súbita de una etapa



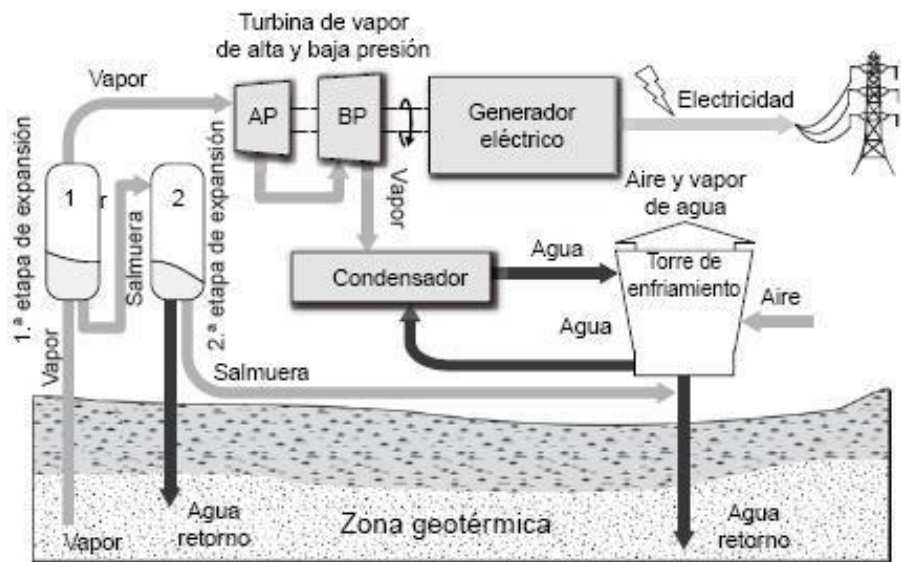
Fuente:<https://sostenibilidadyenergia.com/2013/01/29/sistemas-de-aprovechamiento-de-fuentes-geotermicas-iii/>

Figura 1-9. Sistema de expansión súbita de una etapa

Éste sistema se utiliza en yacimientos hidrotérmicos donde predomina agua líquida con temperaturas de 155 – 165 °C. Aquí el fluido extraído sufre una evaporación súbita al ascender, debido a la disminución de la presión, luego éste es enviado a un equipo de expansión o también conocido como separador de fases, con el fin de terminar el proceso de evaporización, ya que muchas veces quedan partículas sólidas y no condensables. Luego el vapor obtenido es utilizado para accionar una turbina que se encuentra mecánicamente conectada a un generador eléctrico, produciendo electricidad. Una vez que el vapor pasa por la turbina se dirige a un condensador, donde se convierte en agua líquida saturada, está es enviada a una torre de enfriamiento donde una parte

importante del líquido se re envía al condensador y se utiliza como fluido refrigerante y el resto, se inyecta al subsuelo.

1.2.3. Sistema de expansión súbita de dos etapas



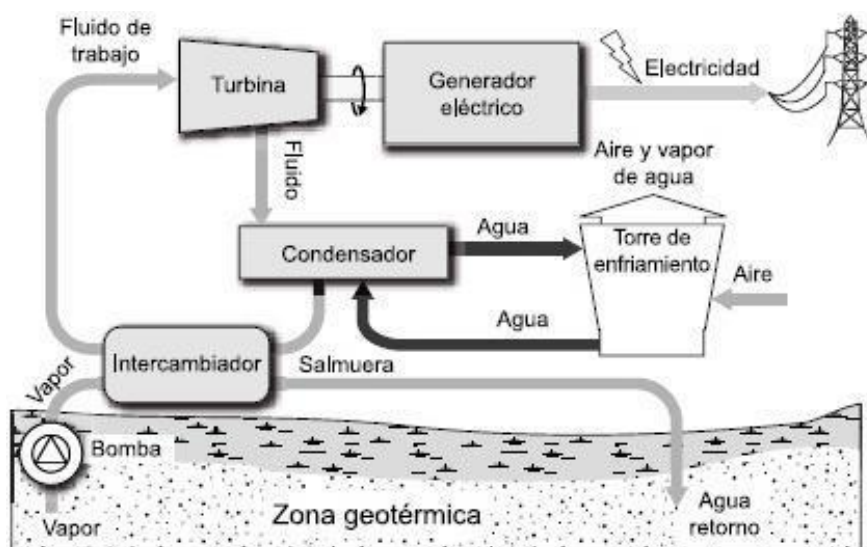
Fuente:<https://sostenibilidadyenergia.com/2013/01/29/sistemas-de-aprovechamiento-de-fuentes-geotermicas-iii/>

Figura 1-10. Sistema de expansión súbita de dos etapas

Éste sistema se utiliza en yacimientos hidrotérmicos donde predomina el agua líquida que contiene bajos niveles de impurezas. Aquí el fluido llega primero a un equipo de expansión a baja presión, donde se produce la primera evaporación súbita y el vapor resultante se conduce a la turbina de alta presión. El líquido no evaporado es enviado a un segundo equipo de expansión, a más baja presión, donde se produce la segunda evaporación súbita, éste vapor junto con el obtenido de la turbina de alta presión es conducido hacia la turbina de baja presión. Finalmente, el vapor es enviado a un condensador con el fin de obtener agua líquida saturada, la que es enviada a una torre de enfriamiento y luego se re envía una parte de éste fluido al condensador y el líquido restante se inyecta al acuífero.

Éste sistema tiene el objetivo de incrementar el rendimiento de los sistemas de expansión de una etapa en casi un 40%, incrementa la producción eléctrica en un 25%, y todo esto aumentando los costos de la planta en un 5%. [21]

1.2.4. Sistema de ciclo binario



Fuente: <https://sostenibilidadyenergia.com/2013/01/29/sistemas-de-aprovechamiento-de-fuentes-geotermicas-iii/>

Figura 1-11. Sistema de ciclo binario

Este sistema se utiliza en yacimientos hidrotérmicos donde predomina el agua líquida, y se puede utilizar también en yacimientos de media entalpía ($100^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$). Aquí se emplea un segundo fluido de trabajo (isopentano, freón, isobutano, entre otros) a presión atmosférica inferior al agua extraída, éste mediante un intercambiador de calor se evapora al momento de mezclarse con el líquido geotérmico, el cual se bombea para ser extraído con el fin de mantener la presión con la que se encuentra en el yacimiento y de esta forma evitar su evaporación súbita. El vapor generado es dirigido hacia la turbina, donde ocurre la transformación de energía térmica en energía eléctrica. Una vez que se termina de utilizar el fluido geotérmico en el intercambiador de calor, éste se envía a los pozos para ser re inyectado al subsuelo y así, completar el ciclo termodinámico.

Pero cualquiera sea el tipo de sistema utilizado en una central Geotérmica, las tecnologías o componentes empleados a modo general serán:

- Condensadores:



Fuente: <http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/cursos/contenidos/docpdf/capitulo21.pdf>

Figura 1-12. Condensador de placas

La mayoría de los condensadores utilizados en los sistemas geotérmicos (con excepción del ciclo binario) son del tipo contacto directo, donde la condensación se produce al realizar la mezcla del agua de refrigeración con el vapor, produciendo un único fluido, agua líquida saturada. En cambio, en el sistema de ciclo binario los condensadores utilizados son del tipo placa, acá los líquidos no tienen contacto, sino que el intercambio de calor se produce al hacer pasar el fluido de trabajo por superficies de metal, mientras que el agua de refrigeración circula por la otra cara de la placa.

- Turbinas



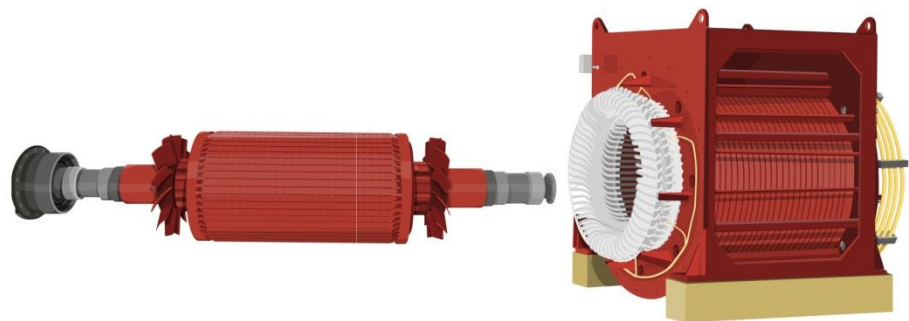
Fuente: <http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/cursos/contenidos/docpdf/capitulo21.pdf>

Figura 1-13. Turbina de vapor de una instalación geotérmica

Las turbinas son el equipo encargado de transformar la energía contenida en el vapor en energía mecánica de rotación, para finalmente ser transformada en energía eléctrica. Las turbinas están compuestas de un sistema de paletas o álabes, los cuales se

harán girar mediante el vapor, produciendo así un trabajo útil que hará funcionar un generador eléctrico.

- Generador eléctrico



Fuente:http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores

Figura 1-14. Rotor y estator de un generador

Los generadores eléctricos son el aparato que se encuentra al final del proceso en una planta Geotérmica. Éste equipo es el encargado de transformar la energía mecánica, resultante de la turbina, en energía eléctrica. Esto se consigue debido a la interacción de dos elementos principales que lo componen: el rotor (la parte móvil, la cual se monta en un eje que descansa en dos rodamientos o cojinetes) y el estator (la parte estática de forma cilíndrica).

- Torres de enfriamiento

Se utilizan para enfriar el flujo a alta temperatura que se emplea en el proceso de Geotermia para luego una parte enviarlo como refrigerante al condensador y el resto inyectarlo al acuífero. Aquí se mezcla directamente el agua caliente obtenida en el condensador con un flujo de aire externo, de esta forma el calor procedente del proceso se desecha a la atmósfera en vez de hacerlo en el agua de un río, un lago o en el océano.

CAPÍTULO 2: ENERGÍA ELÉCTRICA EN CHILE

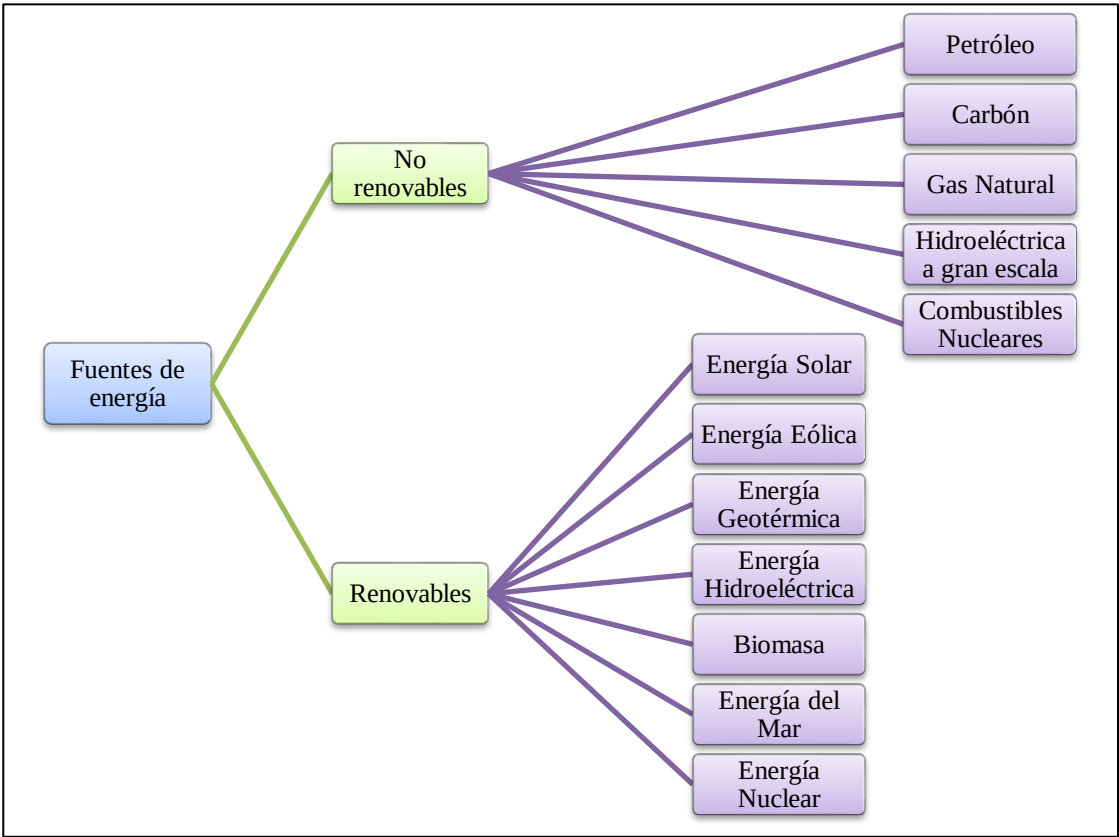
2. ENERGÍA ELÉCTRICA EN CHILE

El presente capítulo comienza describiendo qué y cuáles son las Energías no renovables y las renovables, continuando con la descripción del Sistema energético de Chile y su composición.

2.1. ENERGÍA NO RENOVABLE Y RENOVABLE NO CONVENCIONAL

Antes de abordar el tema principal sobre la matriz energética de Chile, se debe conocer cuáles son los tipos de fuentes de energías existentes y como está compuesto el sistema que abastece al país de energía eléctrica.

Para comenzar, las fuentes de energías se clasifican en dos grandes grupos: No renovables y renovables, según sean recursos limitados o ilimitados.



Fuente: Elaboración propia basado en <http://www.portaleducativo.net/movil/quinto-basico/106/Tipos-de-energia>

Diagrama 2-1. Fuentes de energía

2.1.1. Energías no renovables

Las energías no renovables convencionales, son las fuentes comúnmente utilizadas para la producción de electricidad, provienen de recursos energéticos naturales, como lo es el carbón, el petróleo y el gas natural; además de combustibles nucleares (el Uranio, el Plutonio, entre otros). Las fuentes que conforman esta categoría son recursos limitados, debido al uso indiscriminado que se ha hecho durante muchos años y no pueden sustituirse. Por otro lado, son altamente contaminantes, provocando el calentamiento del planeta.

Además, existe la energía hidroeléctrica a gran escala (con una potencia mayor a 20 MW) la cual es considerada una energía renovable convencional. Aun así, siendo una energía renovable y no contaminante, esta fuente produce impactos medioambientales, debido a que las instalaciones dañan el hábitat natural del espacio, obstruyendo la migración de los peces y afectando a la población, debido a las reservas de agua que realiza una central hidroeléctrica. De igual forma, las instalaciones y las desviaciones del caudal pueden influir en un cambio de temperatura del agua, dañando la vegetación y a los animales propios de la zona. [22]

2.1.1.1. Combustibles fósiles

- Carbón: El cual es utilizado como combustible en centrales termoeléctricas, en industrias y en las calefacciones domésticas.
- Gas Natural: Es empleado para sustituir al carbón como combustible, ya que es más fácil de transportar, tiene un elevado poder calorífico y además, es el menos contaminante de los combustibles fósiles. [22]
- Petróleo: Tiene múltiples utilidades, en medicamentos, abonos, gasolinas, explosivos, plásticos, fibras sintéticas y además, en centrales termoeléctricas y usos domésticos.

2.1.1.2. Combustibles nucleares

Se pueden emplear Uranio, Plutonio y, en general, cualquier elemento capaz de producir energía mediante el proceso de fisión nuclear. Debe ser un elemento “pesado” molecularmente, cuyo núcleo atómico pueda ser desintegrado mediante la fisión.¹

¹ Otros combustibles para reactores de fisión pueden ser a base de óxidos, como el Dióxido de Uranio o los óxidos mixtos, pueden ser líquidos, metálicos o cerámicos.

La fisión nuclear se produce en reactores nucleares, el proceso consiste en la desintegración radioactiva de un elemento, donde el núcleo se divide en núcleos más ligeros produciendo neutrones y fotones libres, liberando además, una gran cantidad de energía, la cual es utilizada para calentar agua hasta evaporarla. Este vapor es llevado hacia las turbinas mediante un circuito de vapor, una vez ahí las turbinas se accionan y mueven el generador que transforma la energía mecánica en electricidad. Luego el vapor es enviado a un condensador donde se enfría y se vuelve líquido.

Los residuos generados en el proceso de fisión son almacenados dentro de la planta nuclear, en piscinas de hormigón especiales para radiactivos.

A pesar de ser una tecnología altamente provechosa debido a la capacidad para producir una gran cantidad de energía en poco tiempo y de no generar gases de efecto invernadero, la energía nuclear es extremadamente peligrosa, ya que un fallo humano o una avería significa la amenaza para la salud de cualquier ser vivo, debido a que los residuos producidos en el proceso de fisión son altamente radioactivos, además existe la posibilidad de que los reactores nucleares se utilicen para crear plutonio, con el cual fabricar bombas atómicas (Como sucedió durante la segunda guerra mundial). [23]

2.1.2. Energías renovables no convencionales

Las ERNC surgieron para suplir las energías actuales sin la acción de contaminación que generan los combustibles fósiles, son inagotables y además, menos dañinas al medio ambiente. Su uso es muy limitado debido a los altos costos de producción y por su difícil forma de transformarlas en energía eléctrica, aunque actualmente la producción de energía eléctrica utilizando éstas fuentes está en aumento.

Las energías renovables suelen clasificarse en convencionales y no convencionales, según sea el grado de desarrollo de las tecnologías para su aprovechamiento y la penetración en los mercados energéticos que presenten. Dentro de las convencionales, la más importante es la hidráulica a gran escala. [24]

Entre las fuentes de Energías Renovables No Convencionales se encuentra:

- La energía Solar, que convierte la energía del sol en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico².
- La Energía Eólica, donde se utiliza la fuerza del viento para convertirla en energía eléctrica mediante turbinas eólicas, una vez que el viento da vueltas en las láminas de la turbina se convierte en electricidad mediante un generador.

²Es el fenómeno en el que las partículas de luz llamadas fotón, impactan con los electrones de un metal arrancando sus átomos. El electrón se mueve durante el proceso, dando origen a una corriente eléctrica.

- La Energía Geotérmica, en la cual se transforma el calor de la tierra en energía eléctrica.
- La Energía Hidroeléctrica, la cual aprovecha la energía cinética del agua en energía eléctrica y para que se considere una ERNC debe tener una potencia máxima inferior a 20 MW.
- La Biomasa, emplea la energía contenida en la materia orgánica vegetal, animal o procedente de la combustión. Luego a partir de la gasificación de ésta se produce energía eléctrica.
- La Energía del Mar, donde se utiliza la fuerza de las mareas o también la energía de las olas para transformarla en energía eléctrica a través de un alternador.
- La Energía Nuclear, sólo cuando se utiliza hidrógeno en lugar del uranio en el proceso de fisión nuclear.

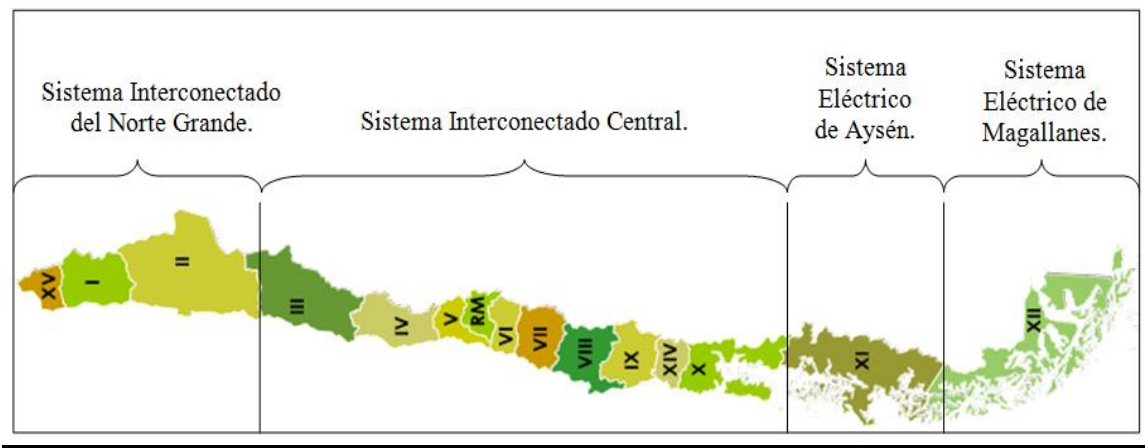
De todas las fuentes energéticas descritas, en Chile se aprovecha mayormente las fuentes no renovables como el carbón, el petróleo y el gas natural para el funcionamiento de plantas termoeléctricas, las cuales conforman en su mayoría los Sistemas de abastecimiento de electricidad existentes en el país. De las ERNC solo se aprovecha la energía Hidroeléctrica, la Solar, la energía Eólica y la Biomasa; en un pequeño porcentaje. La cual se distribuye entre el SIC, el SING y el SEA, utilizando en este último sistema solo la energía Eólica, según reportes realizados por la Comisión Nacional de Energía. [25]

2.2. MATRIZ ENERGÉTICA DE CHILE

Conforme a las condiciones geográficas de Chile, el sector eléctrico se ha desarrollado a través de cuatro sistemas principales independientes:

- Sistema Interconectado Central (SIC), siendo el principal sistema eléctrico del país, el cual suministra energía desde la ciudad de Taltal, en el Norte, hasta la Isla de Chiloé en el sur.
- Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), el cual abastece de energía eléctrica desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Antofagasta.
- Sistema eléctrico de Aysén (SEA), que atiende las necesidades energéticas de la XI región.

- Sistema eléctrico de Magallanes (SEM), abarca Puerto Natales, Puerto Williams y Puerto Porvenir de la duodécima región.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de http://www.economiaynegocios.cl/especiales/especial_energia/Sector_electrico4.html

Figura 2-1. Sistema eléctrico interconectado de Chile

Cada uno de estos sistemas está compuesto principalmente por Termoeléctricas y por represas de generación Hidroeléctrica. A continuación, se explicarán en detalle el funcionamiento de cada una.

2.2.1. Energía termoeléctrica

Su funcionamiento es a raíz de la combustión de algún combustible fósil, así como lo es el Carbón, el Gas Natural y el Petróleo; estos insumos energéticos son en su mayoría importados desde el extranjero:

- Carbón: Sólo el 10% del insumo proviene de la producción nacional, el 90% restante es importado de otros países, tales como Australia, Colombia, Estados Unidos, entre otros. En la actualidad en Chile, representa alrededor del 10% de la potencia instalada en el SIC, mientras que en el SING representa casi el 50%. Los Sistemas de Aysén y Magallanes no utilizan carbón en sus centrales. [26]
- Gas Natural: Alrededor del 71% del insumo es importado desde Argentina y representa en Chile casi el 40% de la potencia instalada en el SING, cerca del 20% en el SIC y el 98% en el SEM. Mientras que el Sistema de Aysén e Isla de Pascua no utilizan esta fuente energética. [26]

- Petróleo: Se importa alrededor del 90% de otros países, entre cuales se destaca Brasil y Ecuador. En Chile representa casi el 10% de la potencia en el SING, el 16% en el SIC, el 2% en el SEM y más de la mitad de la potencia instalada del SEA está compuesto por el Petróleo. [26]

Las centrales Termoeléctricas funcionan de igual manera independientemente del tipo de combustible fósil que se utilice, sin embargo, el tratamiento previo que se le debe hacer al combustible es distinto, en el caso de utilizar:

- Carbón, este debe ser triturado previamente
- Petróleo, este se debe calentar para que sea más fácil su utilización,
- Gas natural, el combustible llega directamente a través de gaseoductos. [27]

Al igual que sin importar el combustible que se utilice los principales componentes de una central Termoeléctrica son:

- Caldera. En este espacio el agua se transforma en vapor, cambiando su estado. Esta acción se produce gracias a la combustión, se generan gases a muy alta temperatura que al entrar en contacto con el agua líquida se convierten en vapor. El agua que se transforma en vapor circula por unas cañerías donde se produce el intercambio de calor entre los gases de la combustión y el agua.
- Turbina de vapor. Máquina que recoge el vapor de agua y que, gracias a un complejo sistema de presiones y temperaturas, consigue que se mueva el eje que la atraviesa. El eje que atraviesa los diferentes cuerpos está conectado con el generador.
- Generador. Máquina que recoge la energía mecánica generada en el eje que atraviesa la turbina y la transforma en eléctrica. Las centrales eléctricas transforman la energía mecánica del eje en una corriente eléctrica.

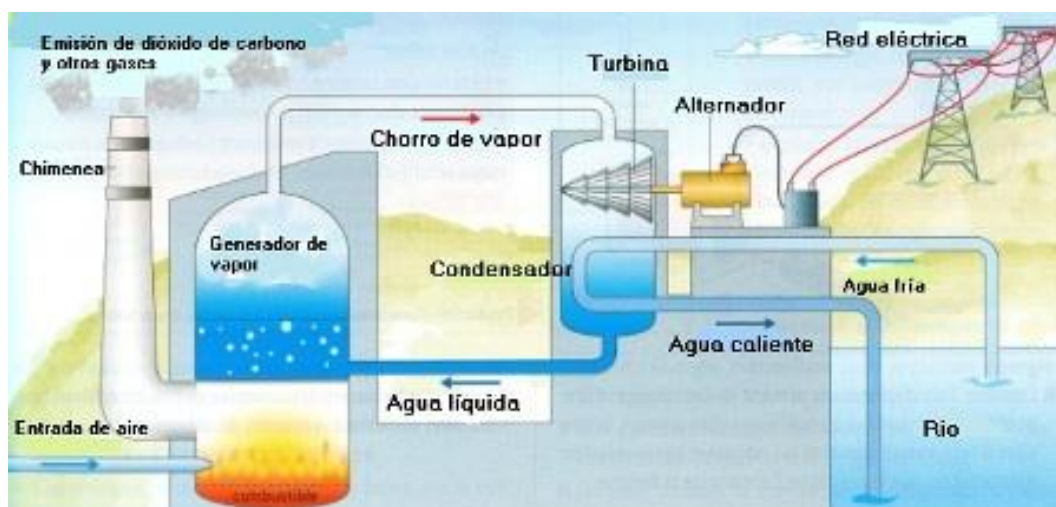


Figura 2-2. Funcionamiento general de una central Termoeléctrica

Una vez realizado el proceso previo al combustible a utilizar, éste es llevado a la caldera, donde se quema el combustible y se produce energía calorífica, la cual es utilizada para calentar el agua y transformarla así en vapor a una presión muy elevada.

El vapor generado se emplea para hacer girar una turbina y un alternador, produciendo de esta forma energía eléctrica, la que es llevada a un transformador para aumentar su tensión. El vapor que sale de la turbina es desviado a un condensador, para convertirlo nuevamente en agua y así empezar un nuevo ciclo de producción.

2.2.1.1. Vulnerabilidad de la tecnología Termoeléctrica

Una central Termoeléctrica tiene variadas desventajas, entre ellas esta que la reserva de combustibles fósiles está limitada, y además, el proceso de combustión de estos mismos generan constantemente emisiones de diversos tipos de gases a la atmósfera, estos dependerán del tipo de combustible utilizado en una central Termoeléctrica.

Al utilizar Carbón o Petróleo en la combustión, se generan emisiones de Material Particulado (PM10), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Monóxido de Carbono (CO). Además, en una planta Termoeléctrica donde se utiliza el Carbón se liberan metales pesados como el Níquel y Vanadio, encima se utilizan grandes volúmenes de agua de mar para el enfriamiento del vapor que sale de las turbinas, la que luego de ser utilizada es devuelta al mar, pero a mayores temperaturas, llegando a provocar la muerte masiva de los organismos que, como los peces, no pueden soportar los cambios bruscos de temperatura de su medio ambiente. [28]

En el caso del gas natural, se genera principalmente emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NO_x).

Principales emisiones al medio ambiente y sus efectos:

- Dióxido de Azufre (SO₂): Reacciona con la humedad por lo que forma parte de la llamada lluvia acida. Tiene efectos tanto para la salud como para el medio ambiente, está relacionado con el daño y la destrucción de la vegetación, deterioro de los suelos, materiales de construcción y cursos de agua.
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x): Cuando el Oxígeno y el Nitrógeno se combinan, forman varios compuestos químicos gaseosos recibiendo el nombre de Óxidos de Nitrógeno, que al reaccionar con compuestos orgánicos volátiles producen el denominado ozono troposférico, el cual destruye vegetales, irrita vías respiratorias y se convierte en n

gas de efecto invernadero. Mientras que en la salud el Dióxido de Nitrógeno irrita la piel, las mucosas, aumenta la predisposición a infecciones virales y puede afectar el aparato respiratorio.

- Material Particulado (PM10): Se considera dentro de este grupo las partículas de menos de 10 μm de diámetro presentando una mayor capacidad de acceso a las vías respiratorias, afectan al tracto respiratorio y al pulmón generando numerosas enfermedades respiratorias y problemas cardiovasculares, además estudios sobre efectos a largo plazo han demostrado que la exposición a partículas en suspensión puede reducir la esperanza de vida.
- Monóxido de Carbono (CO): Afecta a la salud interfiriendo en el transporte de oxígeno al corazón, a otros músculos y también al cerebro. En el aire se oxida rápidamente formando CO_2 afectando directamente en un acelerado cambio climático que se ha producido durante el último siglo. El precipitado cambio climático tendrá como consecuencias la elevación del nivel del mar, aumento de enfermedades infecciosas, desplazamiento de especies hacia latitudes o altitudes más frías, etc...
- Níquel (Ni): En lo que a salud se refiere en pequeñas cantidades el níquel es esencial, pero cuando es tomado en muy altas cantidades este puede ser peligroso llegando a ocasionar defectos de nacimiento, desordenes del corazón, probabilidades de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata. Las emisiones al aire usualmente llevan un largo periodo de tiempo para que sea eliminado, llegando a dañar plantas y microorganismos.
- Vanadio (V): Puede tener múltiples efectos sobre la salud humana, cuando la toma es muy alta. Cuando el Vanadio es acumulado a través del aire, puede causar bronquitis y neumonía, irritación de pulmones, garganta, ojos y cavidades nasales. Las pruebas de laboratorio en pruebas con animales han mostrado, que el Vanadio puede causar daño en el sistema reproductivo de animales machos, y también alteraciones del ADN en algunos casos.



Fuente: <http://radio.uchile.cl/2013/09/01/aes-gener-lidera-top-ten-de-termoelectricas-ineficientes-y-contaminantes-del-sic/>

Figura 2-3. Central Termoeléctrica Laguna Verde ubicada en Valparaíso

2.2.2. Energía Hidroeléctrica

Su funcionamiento básicamente se basa en transformar la energía cinética del agua (proveniente de ríos o lagos artificiales) en mecánica, y luego el generador la transforma en energía eléctrica a través de una turbina. Generalmente las centrales hidroeléctricas se clasifican en dos:

- De embalse: Las centrales hidroeléctricas captan el agua proveniente de cauces naturales para acumularla de manera natural (lago) o artificial en un embalse (presa)①, luego de que el agua obtiene la altura suficiente en el reservorio para ser transformada en energía cinética② es llevada por redes de tuberías③ hacia la turbina, donde la energía que trae el agua se convierte en energía eléctrica④. Finalmente la electricidad obtenida es llevada a una subestación de poder para aumentar su voltaje y así ser distribuida a través de líneas de tensión⑤.



Fuente: <http://www.aprendeconenergia.cl/index.php/energia/fuentes-de-energia/energias-renovables/agua/hidroelectrica/embalse>

Figura 2-4. Funcionamiento de una central Hidroeléctrica de Embalse

- De pasada: Estas centrales hidroeléctricas desvían una porción de agua del cauce principal por medio de una barrera que permite la redirección de ésta①, la cual luego es conducida por una pendiente mediante tuberías hasta donde se encuentran las máquinas② (mientras tanto el río, del cual se desvió una porción, continua su recorrido③) ,aquí la energía del agua es transformada en energía eléctrica mediante una turbina y un generador④ y una vez que se termina de utilizar la energía del cauce extraído, el agua es devuelta al caudal normal del río⑤. Por otra parte, la electricidad producida es distribuida a través de las líneas de transmisión⑥.



Fuente: <http://www.aprendeconenergia.cl/index.php/energia/fuentes-de-energia/energias-renovables/agua/hidroelectrica/pasada>

Figura 2- 5. Funcionamiento de una central Hidroeléctrica de Pasada

También existen, dentro de este tipo, centrales que acumulan agua para el proceso de generación, pero en menos volumen que los embalses, por otra parte existen plantas con una potencia menor a 20 MW, las cuales son consideradas como fuentes de ERNC, contando con altos niveles de automatización y telemando, lo que garantiza que el recurso del agua tenga un aprovechamiento óptimo, además de permitir utilizar pequeños cursos de agua para la generación de electricidad, generando niveles relativamente bajos de impacto ambiental.

2.2.2.1. Vulnerabilidad de la tecnología Hidroeléctrica

La instalación de una planta Hidroeléctrica trae numerosas consecuencias incluso a partir de sus primeras etapas.

En el momento de su construcción se contamina el aire con el polvo, los gases y el ruido emitido por las maquinarias utilizadas. Además, se debe despejar la vegetación para crear caminos, lo que conlleva a la destrucción del hábitat de diferentes especies y ecosistemas. Sin mencionar que la duración mínima de estos trabajos es de aproximadamente un año. [29]

Una vez puesta en operación la central puede seguir ocasionando daños al medio ambiente, ya que la modificación del hábitat puede afectar la vegetación del entorno como también a todas las especies presentes, influyendo además, en el cambio de temperatura del agua y en la afluencia del río, ya que si bien el agua utilizada es devuelta al caudal, esto no se realiza en el mismo lugar de donde fue extraída.

Por último, las centrales hidroeléctricas suelen estar en lugares retirados de los centros de consumo, lo que obliga a la ejecución de líneas de transporte. Esta necesidad, además de encarecer la inversión y generar un gran impacto visual que repercute en el sector turismo, provoca pérdidas de energía.



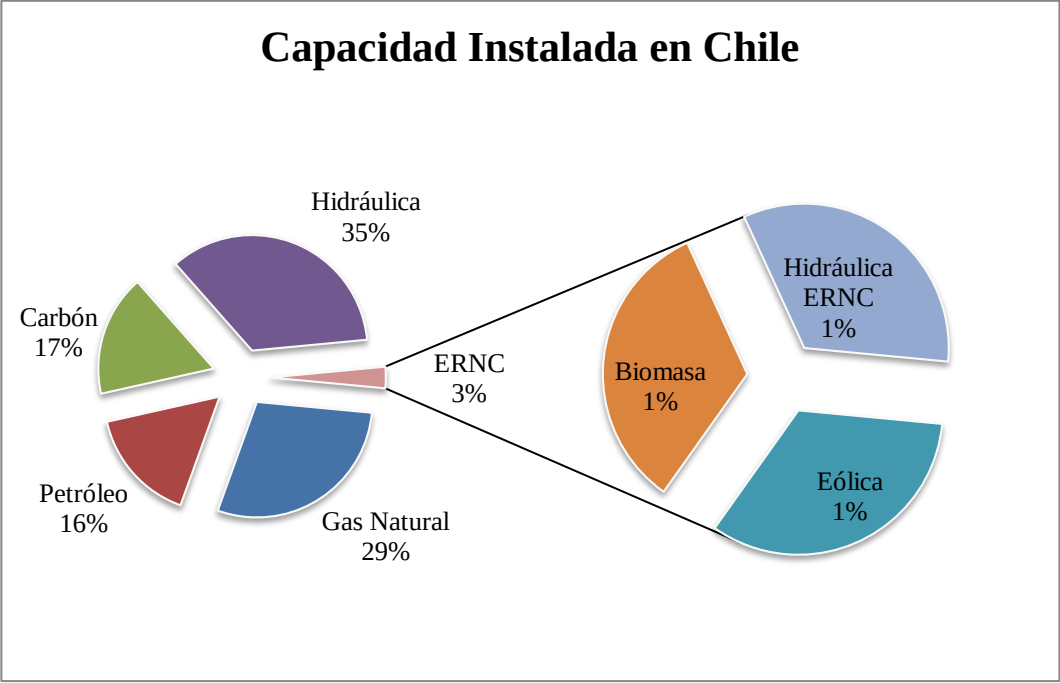
Fuente: <http://www.fegrande.cl/experiencia/experiencia.html#!energia/gallery/3/>

Figura 2-6. Central Hidroeléctrica Angostura ubicada en la VIII Región

2.2.3. Composición de la matriz energética en Chile

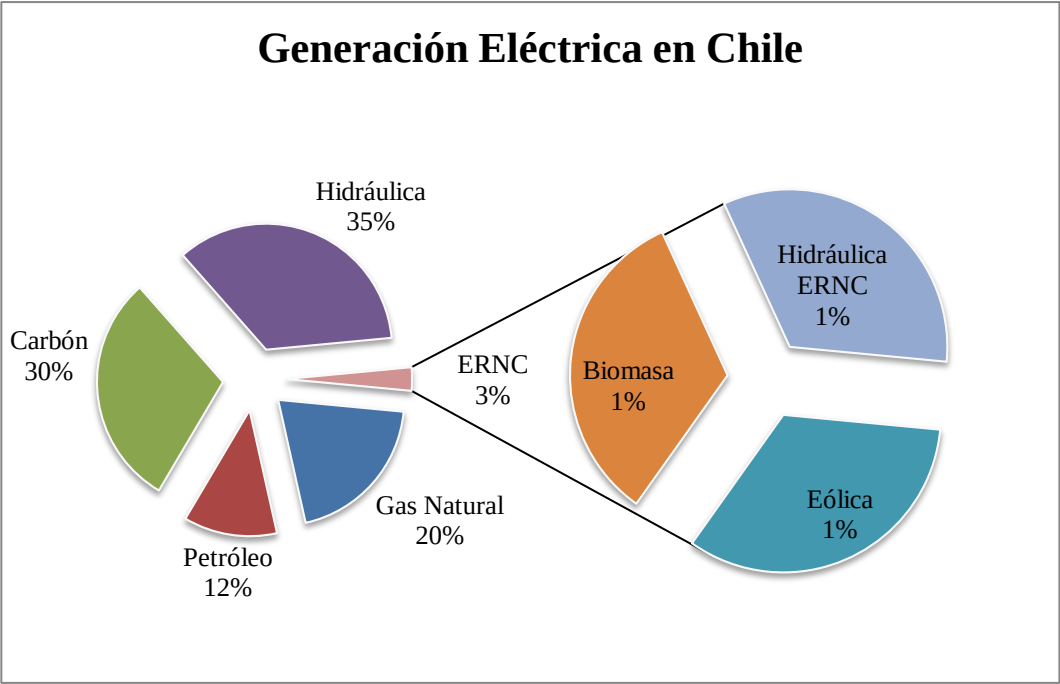
A raíz de obtener una visión hacia el futuro de la energía eléctrica en Chile, el Ministerio de Energía realizó un informe con los antecedentes de la matriz energética del país utilizando datos entregados por la CNE, con datos obtenidos hasta el año 2010. De este informe se obtiene la siguiente información relevante:

- Chile en el año 2010 tenía una capacidad instalada de energía eléctrica de 14.878 MW(el SIC y el SING en conjunto) y tuvo una generación de electricidad de 58.257 GWh, donde la capacidad instalada estaba compuesta en su mayoría por centrales hidroeléctricas, representando un 35% del total, y por plantas termoeléctricas, siendo dividida según el combustible fósil utilizado para su funcionamiento (Gas Natural, Carbón y Petróleo) [25]



Fuente: Elaboración propia, basado en datos de la CNE,
http://www.cchen.cl/mediateca/PDF/antecedentes_matriz_energetica.pdf

Gráfico 2-1. Capacidad instalada de energía eléctrica en Chile al año 2010



Fuente: Elaboración propia, basado en datos de la CNE,
http://www.cchen.cl/mediateca/PDF/antecedentes_matriz_energetica.pdf

Gráfico 2-2. Generación eléctrica en Chile al año 2010

Asimismo durante el año se generan reportes mensuales con estadísticas energéticas del país, según el reporte realizado en Junio del 2016 arroja que la capacidad instalada de generación eléctrica en el mes de Mayo fue de 20.604MW, de los cuales 16.373 MW corresponden al SIC, 4.062 al SING, 56 MW al SEA y 102 MW al SEM. [30]

Tabla 2-1. Capacidad de energía eléctrica instalada en Chile por cada Sistema según reporte mensual de junio del 2016

Sistema Interconectado	Capacidad Instalada [MW]	Capacidad Instalada [%]
SIC	16.373	79,47%
SING	4062	19,71%
SEM	102	0,50%
SEA	56	0,27%
Los Lagos	7	0,03%
Isla de Pascua	4	0,02%

Fuente: https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/RMensual_2016Junio.pdf

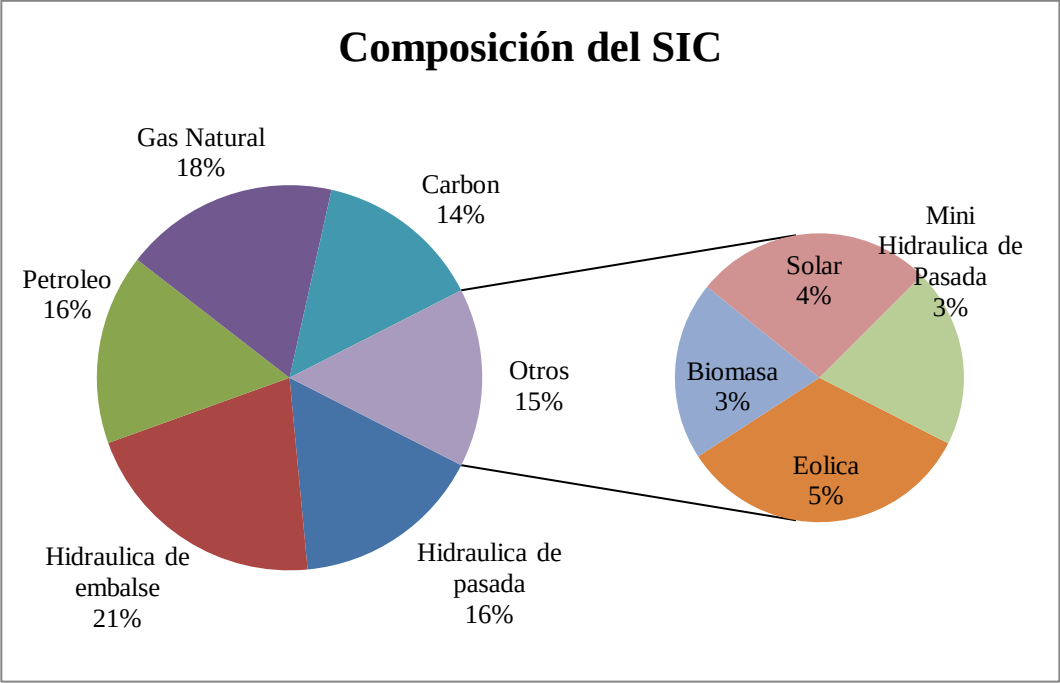
Cada Sistema Interconectado está compuesto de la siguiente forma:

Tabla 2- 2. Composición de la matriz energética de Chile a junio del 2016

Tipo de Energía	Tecnología utilizada	Matriz energética de Chile			
		SIC	SING	SEA	SEM
ERC	Hidráulica de pasada	16%		41%	
	Hidráulica de embalse	21%			
	Petróleo	16%	10%	52%	2%
	Gas Natural	18%	36%		98%
	Carbón	14%	48%		
ERNC	Eólica	5%	2%	7%	
	Biomasa	3%			
	Solar	4%	4%		
	Mini Hidráulica de Pasada ³	3%			

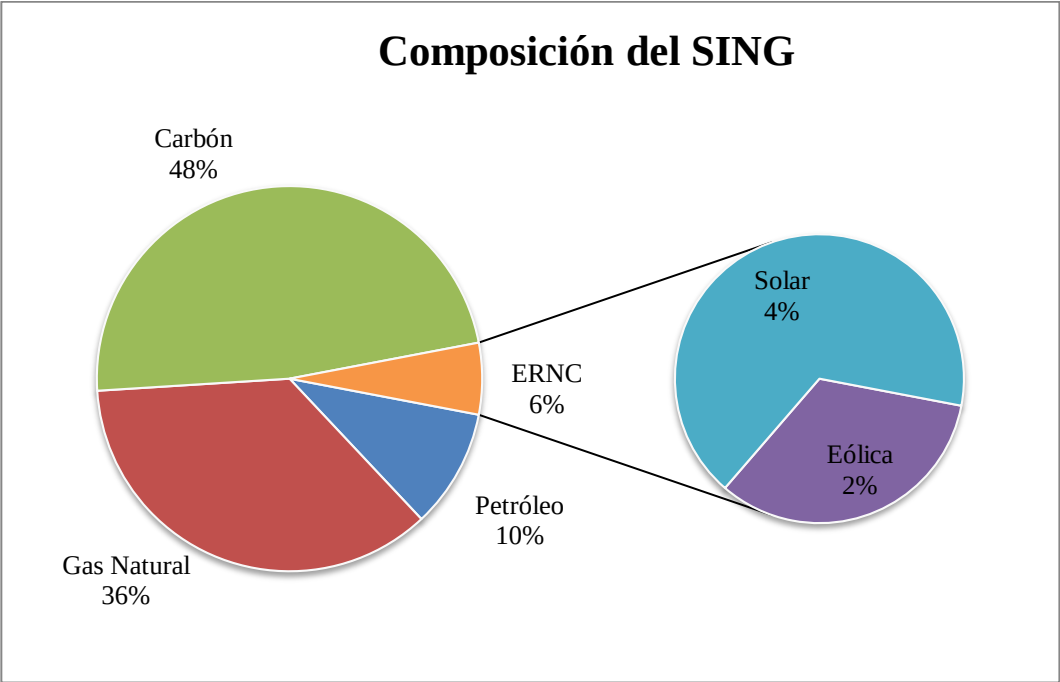
Fuente: Elaboración propia basado en datos de la CNE, https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/RMensual_2016Junio.pdf

³ Centrales Hidráulicas con una potencia menor a 20 MW.



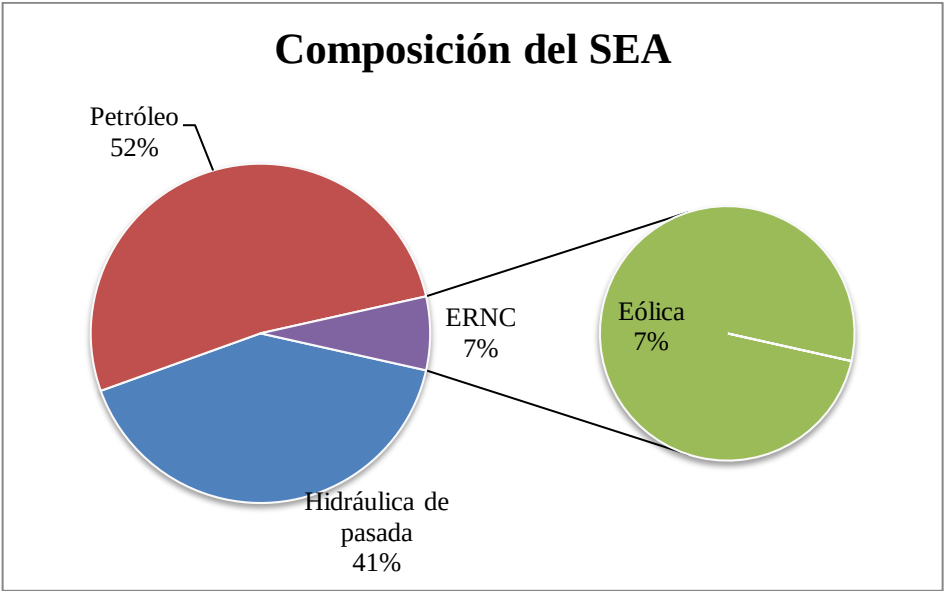
Fuente: Elaboración propia basado en datos de la CNE, https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/RMensual_2016Junio.pdf

Gráfico 2-3. Composición del SIC a Junio del 2016



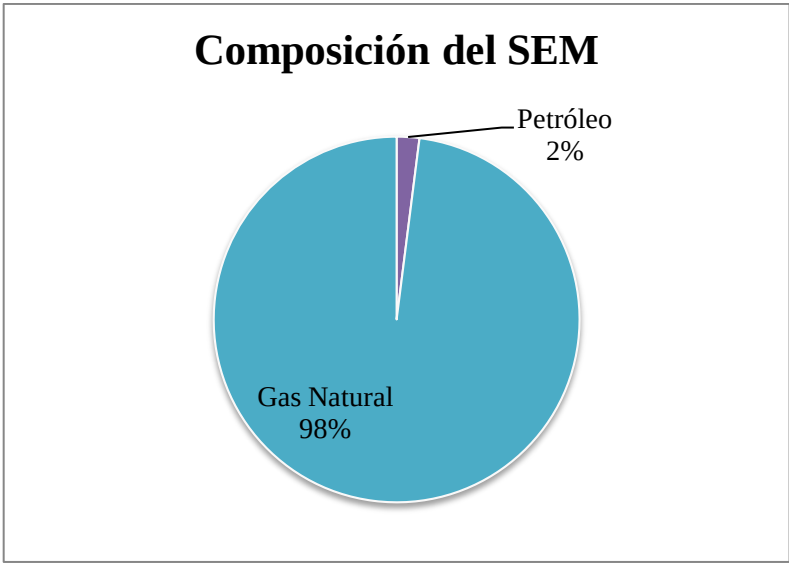
Fuente: Elaboración propia basado en datos de la CNE, https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/RMensual_2016Junio.pdf

Gráfico 2-4. Composición del SING a Junio del 2016



Fuente: Elaboración propia basado en datos de la CNE, https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/RMensual_2016Junio.pdf

Gráfico 2-5. Composición del SEA a Junio del 2016



Fuente: Elaboración propia basado en datos de la CNE, https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/RMensual_2016Junio.pdf

Gráfico 2-6. Composición del SEM a junio del 2016

Al analizar los datos se puede concluir que en el SIC (Sistema principal del país) se destaca la utilización de combustibles fósiles y recursos hídricos, sin embargo es uno de los sistemas más variados con respecto a la utilización de ERNC, no así como lo es el SEM (Sistema que abastece a Puerto Natales, Puerto William y Puerto Porvenir) el cual

está compuesto únicamente de Energía Termoeléctrica, la cual utiliza Gas Natural y Petróleo para su funcionamiento.

Y según el último reporte realizado en marzo del 2017, arroja que la capacidad instalada de generación eléctrica en el mes de Febrero fue de 22.094MW, de los cuales 16.837 MW corresponden al SIC, 5.082 al SING, 62 MW al SEA y 102 MW al SEM. [30]

Tabla 2-3. Capacidad de energía eléctrica instalada en Chile por cada Sistema según reporte mensual de marzo del 2017

Sistema Interconectado	Capacidad Instalada [MW]	Capacidad Instalada [%]
SIC	16.837	76,20%
SING	5.082	23,00%
SEM	102	0,46%
SEA	62	0,281%
Los Lagos	7	0,031%
Isla de Pascua	4	0,018%

Fuente:https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/RMensual_v201703.pdf

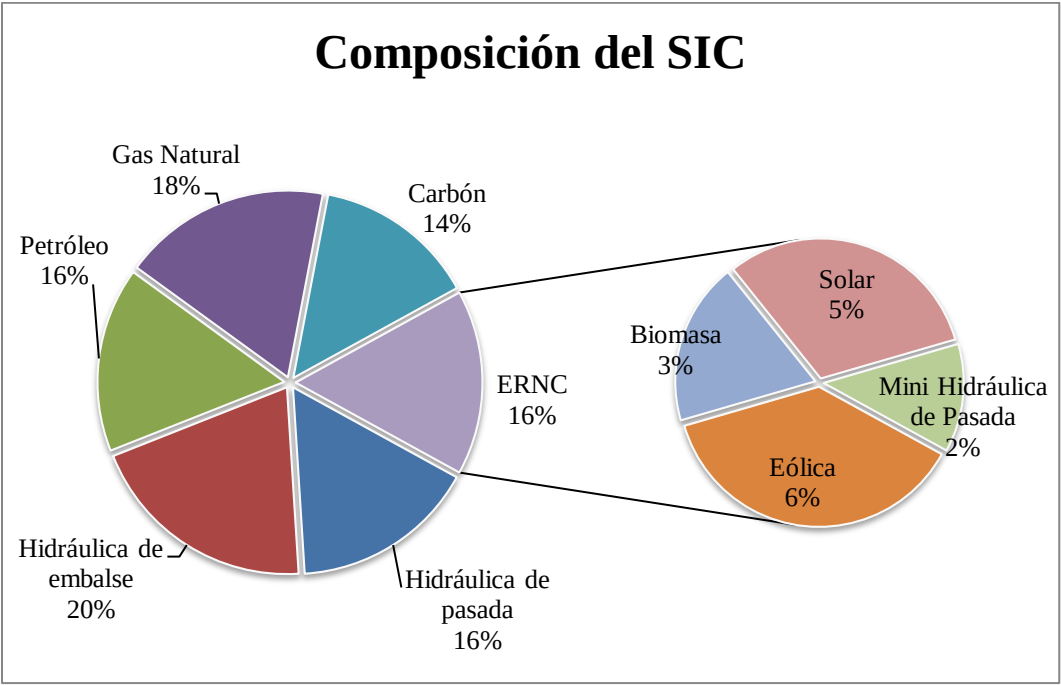
Cada Sistema Interconectado está compuesto de la siguiente forma:

Tabla 2- 4. Composición de la matriz energética de Chile a Marzo del 2017

Tipo de Energía	Tecnología utilizada	Matriz energética de Chile			
		SIC	SING	SEA	SEM
ERC	Hidráulica de pasada	16%		37%	
	Hidráulica de embalse	20%			
	Petróleo	16%	8%	57%	16%
	Gas Natural	18%	38%		84%
	Carbón	14%	48%		
ERN	Eólica	6%	2%	6%	
	Biomasa	3%			
	Solar	5%	4%		
	Mini Hidráulica de Pasada ⁴	2%			

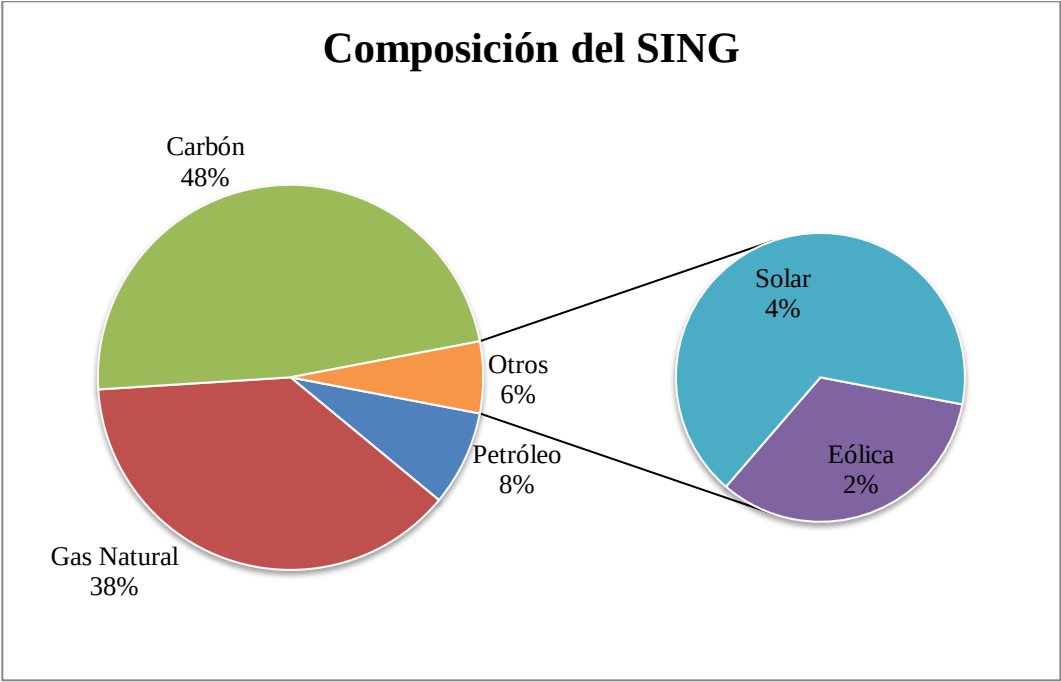
Fuente:https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/RMensual_v201703.pdf

⁴ Centrales Hidráulicas con una potencia menor a 20 MW.



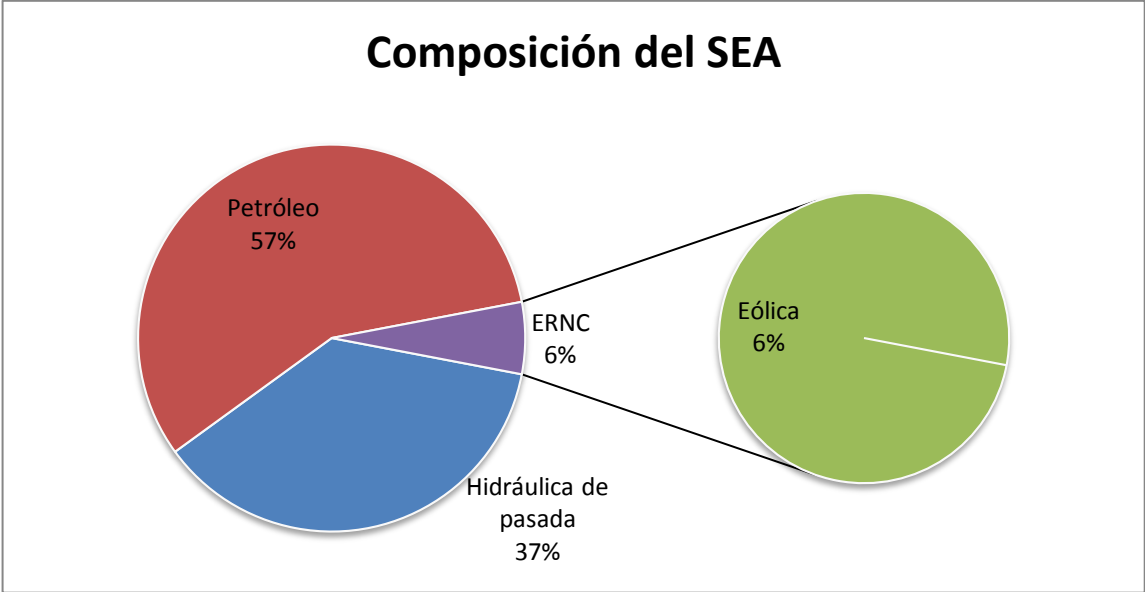
Fuente: Elaboración propia basado en datos de la CNE, https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/RMensual_v201703.pdf

Gráfico 2-7. Composición del SIC a Marzo de 2017



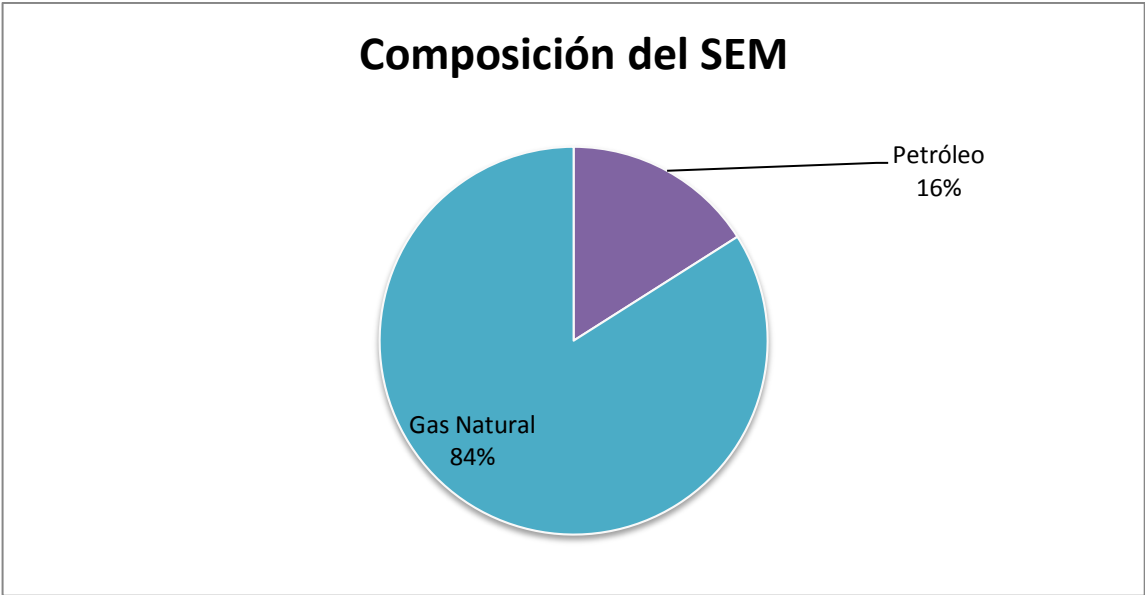
Fuente: Elaboración propia basado en datos de la CNE, https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/RMensual_v201703.pdf

Gráfico 2-8. Composición del SING a marzo de 2017



Fuente: Elaboración propia basado en datos de la CNE, https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/RMensual_v201703.pdf

Gráfico 2-9. Composición del SEA a marzo de 2017



Fuente: Elaboración propia basado en datos de la CNE, https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/RMensual_v201703.pdf

Gráfico 2-10. Composición del SEM a marzo de 2017

Tras comparar los dos reportes se observa un alza en la utilización de Petróleo como combustible para el funcionamiento de las Termoeléctricas, al igual que en el Sistema Eléctrico de Magallanes, éste disminuyó la utilización de Gas Natural para dar

paso al Petróleo. En cuanto a ERNC entre un reporte y otro no hay mucha variación, resaltando la inexistencia de algún MW producido por Energía Geotérmica.

Por otra parte, existen 10.531 MW de ERNC que se encuentran en el Servicio de Evaluación Ambiental, entre proyectos que están para ser aprobados o que se encuentran en evaluación para ser construidos. De la totalidad de MW el 51% corresponden a proyectos solares, el 47% a energía eólica y el 2% restante a un proyecto geotérmico y algunas centrales hidráulicas con una potencia menor a 20 MW. [31] Debido al clima del norte de Chile, la mayoría de los proyectos solares se concentran en esa zona, lo que significa que, de ser aprobados, esa energía iría inyectada al SING.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL
CONTEXTO NACIONAL

3. ANÁLISIS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL CONTEXTO NACIONAL

En el capítulo número tres se desarrollará un análisis de factibilidad de la Energía Geotérmica en Chile, el cual se concluirá utilizando principalmente la herramienta de análisis de FODA y PESTEL.

3.1. ANÁLISIS FODA

Con el fin de obtener un diagnóstico acerca del uso de la Geotermia en el país se utilizará el análisis FODA para identificar los factores negativos y positivos propios de la Energía Geotérmica, como también aquellas características del entorno que se ven afectadas directamente al implementar esta fuente energética.

3.1.1. Fortalezas

Independencia energética

El recurso a utilizar para generar electricidad es propio y además al ser categorizado como fuente renovable el combustible a emplear no se consume ni se agota en una escala humana, no obstante, es necesario un correcto manejo del sistema, dando el equilibrio adecuado y la estabilidad correspondiente entre la extracción del fluido y la reinyección del mismo, una vez generada la electricidad. Eso permite no enfriar el sistema y mantener el fluido Geotérmico. [32]

Bajos niveles de generación de gases de efecto invernadero

A pesar que los recursos geotérmicos emiten gases de efecto invernadero como parte de sus procesos naturales y el aprovechamiento directo de la Geotermia para generar electricidad emite dióxido de carbono, esta generación es muy pequeña si se compara con las originadas por el empleo de combustibles fósiles. [33]

Bajos costos operacionales y de mantención

Una vez que una central Geotérmica entra en funcionamiento, sus costos marginales son muy bajos, se relacionan sólo a mantención y no a la compra de combustible como ocurre con las fuentes de generación tradicionales en base a

combustibles fósiles. [33] Esto último es lo que encarece la energía hoy en día, porque se requiere importar combustibles tales como el carbón, el gas natural y el petróleo.

Larga vida útil⁵

Una central Geotérmica tiene una vida útil de 30 a 50 años [4], estos periodos permiten la recuperación de la inversión, permitiendo la renovación o reemplazo de plantas superficiales viejas al final de su tiempo de vida, por lo que este aspecto es muy relevante a la hora de competir con las otras tecnologías.

Alto factor de planta⁶

Las centrales Geotérmicas presentan un factor de planta cercano al 90% [33], lo que se traduce a que funciona casi sin interrupciones debido a que la Geotermia no depende de la hora del día, la fuerza del viento o las mareas, como es el caso de otras energías renovables no convencionales. Es por eso que, 1 MW de esta tecnología equivale en energía (que es lo que interesa) a unos 3 MW de energía eólica, o unos 2 MW de potencia hidroeléctrica. [34]

3.1.2. Oportunidades

Experiencia internacional y confianza en la tecnología

La energía Geotérmica es una energía que ya está siendo utilizada en distintos países que al igual que Chile forman parte del anillo de fuego, zona que se caracteriza por tener una alta actividad volcánica, por lo que es totalmente funcional. Entre los principales extractores de energía Geotérmica a nivel mundial se encuentra Islandia, Japón, Estados Unidos, Canadá, Rusia China y Nueva Zelanda, teniendo éste último una geografía muy similar a la de Chile. [33] Cada experiencia extranjera ha generado excelentes resultados.

Necesidad de estabilidad de suministro

El uso de Geotermia permite tener energía constante dado que se encuentra disponible los 365 días del año y a todas horas [33], debido a que no depende del clima; es por esto que se puede predecir la producción de cada planta con bastante precisión, algo que no es posible con otras fuentes de energía renovables como la solar o la eólica, donde el clima juega un gran papel.

Aprovechamiento del suministro para la independencia energética

⁵es la duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para el cual ha sido creado.

⁶Indica qué tan independiente puede funcionar (un recurso energético) respecto de factores naturales

Esta oportunidad es realmente significativa para el país, debido a que hoy en día depende en gran porcentaje a los precios impuestos en el extranjero para poder obtener el combustible necesario para generar energía eléctrica.

Apoyo al desarrollo local, así como la creación de fuentes de trabajo

Razón que genera constantes problemas al momento de instalar una central para producir energía eléctrica, dado que generalmente la energía generada es utilizada por privados o es llevada a otra zona. [35]

Alto potencial energético en el país

Una de las ventajas que presenta Chile para la implementación de energía Geotérmica es ser un país que se encuentra situado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, específicamente sobre la Capa de Nazca, concentrando alrededor del 60% del potencial geotérmico de Sudamérica. Las cifras sobre el potencial geotérmico que se manejan hoy en Chile van desde los 1.000 MW hasta más de 16.000 MW, lo que podría representar un 91% de la capacidad instalada actual de la matriz energética del país.[36] Pero una estimación más realista alcanza 3.200 MW posibles de ser desarrollados en los próximos 20 años⁷ [33]

Requerimiento de un aporte positivo y diversificación de la matriz energética con el uso de energías limpias en Chile

Al implementar la energía Geotérmica se aportaría a lo establecido por la “Ley 20/25” que indica que al año 2025 un 20% de la energía que las empresas eléctricas retiren anualmente del sistema debe haber sido inyectada por medios de generación renovables no convencionales, esta fue una modificación que se realizó el año 2013 a la Ley 20.257 del año 2008, que tenía establecido como meta que al año 2024 un 10% de la energía de la matriz sería producto de ERNC. [2]Además de ser un gran aporte a la Política Energética Nacional donde se establece como meta a largo plazo que al año 2050 al menos el 70% de la generación eléctrica nacional debe provenir de energías renovables. [37]

3.1.3. Debilidades

Incertidumbre y alta inversión inicial

⁷Estas proyecciones han sido replicadas por organismos internacionales, como la AIE

Si bien el costo de mantención de una planta Geotérmica es relativamente bajo, la exploración demanda una alta inversión en estudios de suelo y profundas excavaciones de exploración, debido a los pocos o casi nulos estudios geológicos⁸ y geofísicos que se encuentran disponible para los inversionistas, quienes pueden dar cuenta de lo inviable que es físicamente y económicamente la implementación de esta fuente.

Dificultad técnica de acceso al recurso

Las plantas Geotérmicas deben instalarse en zonas donde el calor del subsuelo sea muy alto, dado esto suelen presentarse dificultades inherentes a su localización, tales como la falta de vías de acceso, problemas de aislamiento, condiciones climáticas extremas y dificultades en el transporte de equipos, por lo cual efectuar una operación continua bajo dichas condiciones se convierte en todo un desafío. [38]

Periodos extensos de retorno de inversiones

Debido a que el tiempo que lleva obtener los permisos y construir una central Geotérmica varían entre 4 y 7 años aproximadamente (tiempo que incluye la exploración del recurso y la construcción de la planta, además de la línea de transmisión). [33]

Posibilidad de generación de gases contaminantes

En caso de accidente o fuga se puede liberar ácido sulfhídrico que se detecta por su olor a huevo podrido, pero que en grandes cantidades no se percibe y es letal. [39]

Posible generación de pérdida de la estabilidad del terreno

Debido a fracturas hidráulicas se pueden ocasionar pequeños sismos, que es algo intrínseco al desarrollo de los sistemas geotermales de las plantas, aunque las posibilidades de originarse son muy bajas y además estos movimientos serían imperceptibles para el humano.

3.1.4. Amenazas

Poco personal especializado

La falta de recursos humanos es otro de los obstáculos a los que se deben enfrentar la gran mayoría de las concesionarias debido a que en Chile no existe una amplia

⁸ Geología: es la ciencia que estudia la composición y estructura interna de la Tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo

formación de profesionales en el área de la Geotermia aun cuando el país cuenta con un alto potencial geotérmico, sin embargo, esta carencia también es reflejo de una falta de política gubernamental que promocióne este tipo de energía. Este motivo lleva a varias empresas a contratar personal extranjero, lo que implica un mayor costo económico ya que se les debe traer de sus respectivos países con todos los gastos que eso significa. [4]

Cortos plazos de concesión⁹

El plazo de dos años establecido en la Ley N° 19.657/2000 sobre concesiones de energía Geotérmica es insuficiente para las condiciones propias de la Geotermia, tales como los factores climáticos, que paralizan la actividad durante gran parte del año, y los factores geográficos, pues la mayoría de las concesiones se encuentran en zonas cordilleranas, donde los accesos son muy difíciles. [4]

Lenta tramitación de los procesos licitatorios¹⁰

Los procesos licitatorios en la práctica duran casi el doble de lo establecido en la ley. Esta demora significa un obstáculo para los privados cuya inversión se encuentra inmóvil, a la espera de los resultados de la licitación. Entre las posibles causas detectadas para esta lentitud se pudieron identificar la falta de personal en el Ministerio de Energía a cargo del procedimiento. [4]

Escasos datos geológicos y geofísicos

La falta de un catastro completo y eficiente, el que debiera estar a cargo del SERNAGEOMIN, representa un obstáculo importante para los concesionarios geotérmicos, porque gran parte del plazo de la concesión y los recursos económicos se dedican a los estudios preliminares de identificación del reservorio energético. Esta información ayudaría a los concesionarios vigentes a ahorrar costos de exploración.

3.2. ANÁLISIS PESTEL

Con la finalidad de completar el análisis sobre la implementación de la energía Geotérmica en el país se utilizará el análisis PESTEL identificando los factores Políticos,

⁹es la ciencia que estudia la composición y estructura interna de la Tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo.

¹⁰Es aquel mediante el cual una Institución selecciona al(os) proveedor(es) de un bien y/o servicio requerido dentro de los programas o proyectos que se desarrollan en el marco de la Planificación Institucional.

Económicos, Socioculturales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales que se ven involucrados con el uso de esta fuente energética.

3.2.1. Factores políticos

El gobierno de Chile en su afán de contribuir al crecimiento del país, al desarrollo sustentable, competitivo y seguro del suministro energético nacional ha creado la Política Energética Nacional, que constituye un trabajo liderado por el Ministerio de Energía e integrado por representantes nacionales y regionales provenientes de varios ministerios e instituciones públicas, de gremios y universidades nacionales, con el fin de construir una visión compartida para el futuro, con la validación social y técnica requerida para transformarse en la política de estado que Chile necesita. Con esta política energética se pretende concretar cambios a largo plazo, donde algunas de las metas que se establecen son:

- Que al año 2050 al menos el 70% de la generación eléctrica nacional provenga de energías renovables.
- Que al año 2050 los cortes de suministro eléctrico no superen una hora al año en todo el país.
- Que el 100% de viviendas de las familias vulnerables tenga un acceso continuo y de calidad a los servicios energéticos.
- Que al año 2030 se haya alcanzado al menos un 30% de reducción de intensidad de emisiones de GEI.
- Que la totalidad de los proyectos energéticos desarrollados en el país cuente con mecanismos de asociatividad entre la comunidad y las empresas.
- Que Chile se encuentre entre los 3 países de la OCDE con menores precios promedio de suministro eléctrico.
- Que el 100% de las edificaciones nuevas tenga altos estándares de construcción eficiente, y cuenten con sistemas de control y gestión inteligente de la energía.

Por otra parte, era altamente criticado en Chile la falta de identificación de reservorios geotérmicos, es a razón de esto que la unidad de Recursos Energéticos del SERNAGEOMIN realizó durante el año 2014 el primer mapa de favorabilidad geotérmica en Chile [40], con el objetivo de identificar áreas favorables para el desarrollo de proyectos de exploración/ explotación geotérmica en la Región de Los Lagos. Este plan se mantiene en el tiempo con un plan de continuidad, de forma tal de cubrir la totalidad del territorio nacional durante los próximos años.

3.2.2. Factores económicos

La energía geotérmica es muy similar a la industria petrolera en su fase exploratoria, no se conoce con exactitud el lugar donde existe el recurso a explotar, lo que conlleva a realizar una gran cantidad de estudios de investigación que pueden tardar hasta cinco años. En esta fase la inversión de riesgo es muy alta, los costos de perforación y terminación de un pozo corresponden entre el 30 y 50% del costo de inversión del proyecto [41] (aunque el costo variable de operación de una central geotérmica es muy bajo), actualmente la perforación de un pozo Geotérmico en Chile bordea los US\$10 millones y típicamente en un programa exploratorio se necesita un número mínimo de cuatro pozos profundos para realizar las pruebas, lo que significa una inversión de alrededor de US\$40 millones sólo en la primera etapa [42]. Siendo ésta una de las mayores barreras de entrada para la Geotérmica en Chile, ya que el costo lo asumen únicamente los inversionistas privados.

Además, en el país no se cuenta con profesionales especializados en la Geotermia, lo que se traduce en gastos adicionales, ya que se debe traer personal calificado con todos los gastos pagados desde el extranjero para el desarrollo de este tipo de recurso.

A razón de lo costoso que significa implementar ERNC en el país, CORFO y CNE han concretado un concurso de apoyo a proyectos de éste tipo, denominado “Promoción y atracción de inversiones para la generación de energías a partir de fuentes renovables”, y cuyos objetivos son mejorar las condiciones iniciales para el desarrollo de las oportunidades de negocios creadas en la Ley Eléctrica y, mejorar la confianza y conocimiento en los inversionistas. A través de recursos financieros se co-financian estudios de pre factibilidad en sus diversas etapas desde la caracterización del recurso energético, pasando por la ingeniería, evaluación económica, impacto ambiental, etc.

En el primer concurso 46 propuestas fueron favorecidas (22 hidráulicas, 12 eólicas, 11 biomasa y 1 geotérmica) y en su segunda versión 40 proyectos obtuvieron un total de 1,28M US (18 hidráulicos, 16 eólicos y 6 biomasa). [32]

3.2.3. Factores socioculturales

En Chile cada vez se ve más el aumento de la concientización por la protección del medio ambiente por parte de la ciudadanía. El interés por participar activamente en causas ambientales ha ido en crecimiento en el último tiempo en Chile y el mundo, impulsado por un inusual interés ciudadano de expresar su punto de vista tanto a través de

las redes sociales como de manifestaciones, hecho que se ve reflejado en páginas nombradas como: “Chile sin Termoeléctricas” [43] o “Patagonia sin represas” [44]. En éstas con más de 1000 seguidores una y la otra con más de 150.000 seguidores en Facebook se publican datos sobre los proyectos existentes de cada índole, fecha de marchas en donde se muestra la oposición a dichos proyectos energéticos e información de lo que debe realizar la comunidad si no ésta de acuerdo con la implementación de una central de éste tipo.

Existen numerosas opciones tecnológicas para enfrentar la mayor demanda eléctrica de Chile, sin tener que destruir la Patagonia chilena. El uso eficiente y las energías renovables, por sí solo podrían satisfacer dicha demanda. Los proyectos existen, únicamente se requiere la visión de futuro y la voluntad política para crear los mecanismos de financiamiento adecuados. Constatamos que, por falta de una política energética estratégica, nos estamos ahogando en un vaso de agua. [44]

Ésta situación se vio reflejada además en los resultados de una encuesta realizada para la construcción de la Política Energética Nacional, donde la comunidad, en cuanto al suministro energético nacional, se vio interesada principalmente por el precio de la energía, el desarrollo de energías limpias, la sobre explotación de recursos naturales, el poco uso de la energía renovable y a que se agoten los recursos para la generación eléctrica. Y en cuanto al principal desafío que enfrenta el país en materia energética, la comunidad señala el excesivo precio de la electricidad y los combustibles, que, al momento de desarrollar un proyecto, este sea en conjunto con las comunidades, que se impulse la producción de energía no contaminante y se asegure un abastecimiento en todo el país sin cortes del suministro. [37]

Cabe mencionar que, así como la minería genera la necesidad de mano de obra sobre todo en las etapas de construcción, la implementación de la energía Geotérmica significa la creación de múltiples puestos de trabajos, donde se destacan ingenieros, geólogos y geofísicos, pero también son necesarios perfiles más técnicos como operadores de plataformas de perforación, soldadores, mecánicos o técnicos de prevención de riesgos laborales. Se tienen que añadir además a estos perfiles, trabajos procedentes de otros sectores como abogados, gestores de proyectos, arqueólogos, personal de ventas, trabajadores de montaje y el trabajo del personal administrativo.

En una planta Geotérmica de 50MW, como lo será aproximadamente Cerro Pabellón, se generan alrededor de 860 puestos de trabajos [45]. A continuación, se muestran el número de profesionales necesarios en función de la etapa en la que se encuentra el proyecto

Tabla 3-1. Empleos relacionados con el desarrollo de una planta Geotérmica de 50MW

Etapas de desarrollo	Número de trabajadores
Actividades preparatorias	10 – 13
Exploración	11 – 22
Perforación	91 -116
Diseño y construcción de plantas	383 – 489
Operación y mantenimiento	10 – 25
Fabricación de sistemas mecánicos y eléctricos de plantas de energía ¹¹	192 – 197
Total	697 – 862

Fuente:<http://www.piensageotermia.com/profesionales-necesarios-para-la-ejecucion-de-una-planta-geotermica/>

3.2.4. Factores tecnológicos

Debido a que en Chile no se le ha dado la relevancia correspondiente a la energía Geotérmica y no se ha indagado en profundidad en cuanto a la explotación de este recurso, que además tiene un gran potencial en el territorio, es que no se cuenta en el país con tecnología y maquinaria necesaria para el desarrollo de esta fuente energética, además de no contar con la cantidad suficiente de personal calificado para el desarrollo de este tipo de recurso, tales como geólogos, geoquímicos, geofísicos o vulcanólogos. Sin profesionales especializados en Geotermia, o al menos que entiendan el concepto de un proyecto Geotérmico es aún más difícil el desarrollo de una central de este tipo. La fase de desarrollo necesita personal de perforación, muy similar a la industria petrolera, pero con sus matices geotérmicos, igual la geoquímica y la ingeniería de reservorios.

La perforación de pozos Geotérmicos en Chile es igual a la que se realiza en otros países, pero al no existir en Chile una industria petrolera o de gas desarrollada y como recién se está comenzando a indagar en la Geotermia, las tasas de perforación son más desconocidas, mientras que en lugares con mayor experiencia se conoce más la roca y los compuestos metálicos para que las máquinas de perforación se adapten mejor a los requerimientos. En el territorio nacional no se cuenta con los equipos necesarios, por lo que deben encargarse las máquinas a otros países (principalmente EEUU), con un valor

¹¹Las diversas partes que componen una central geotérmica son fabricadas en otras partes del mundo. Por lo que ésta etapa no genera puestos de trabajo local.

de hasta 3 veces más caro que en cualquier otro país en el que exista una industria geotérmica. [46]

“Si en EEUU perforar un pozo estándar -2.500 metros de profundidad- cuesta entre US\$ 3 millones y US\$ 4 millones, en Chile vale al menos US\$ 10 millones” [42]

3.2.5. Factores ecológicos

El 26 de enero de 2010, se publicó en el diario oficial la Ley N° 20.417, que introdujo modificaciones en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente rediseñando completamente la institucionalidad ambiental de nuestro país.[47] Lo cual se plasmó en las siguientes nuevas instituciones: el Ministerio del Medio Ambiente, que tendrá a su cargo el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental y la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos; el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, como órgano de deliberación de la política pública; el Servicio de Evaluación Ambiental, órgano técnico a cargo de la administración del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente, con funciones de fiscalización y sanción.

El 28 de junio del 2012, se publicó en el diario oficial la Ley N° 20.600 que crea los Tribunales Ambientales cuya función es resolver las controversias medioambientales de su competencia y ocuparse de los demás asuntos que la ley somete a su conocimiento. Cada tribunal ambiental estará compuesto por 3 ministros, dos de ellos deberán tener título de abogado y especializarse en materias de derecho administrativo o ambiental. El tercero será un licenciado en ciencias con especialización en materias medioambientales.

Cabe destacar que según estudios, al utilizar energía Geotérmica podrían darse casos de accidentes o fugas que podrían provocar la expulsión de ácido sulfhídrico, arsénico, amoníaco, mercurio, boro e incluso emisiones de CO₂ [33], pero al indagar en el tema se verifica que las condiciones de manejo de fluidos y descargas superficiales, sumado a las características de infraestructura de una planta geotérmica tienen un elevado estándar, diseñado para impedir el contacto de fluidos geotérmicos con aguas superficiales y/o subterráneas. Más aún, el funcionamiento exitoso de una planta geotérmica depende en gran parte de que este contacto no ocurra.

Todos los pozos que se construyen en distintas etapas (de exploración y explotación) están completamente aislados de la roca de alrededor hasta la profundidad de producción. De esta manera se busca proteger las napas y que el reservorio geotérmico no se vea afectado con aguas frías.

Mientras que las emisiones de CO₂ son muy pequeñas si se comparan con las originadas por el empleo de combustibles fósiles, siendo aproximadamente 1/6 de las

emisiones de una central térmica a gas por KWh producido, emitiendo además PM10, SO₂, Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y CO en elevadas cantidades. Además, en una planta Termoeléctrica donde se utiliza el Carbón se liberan metales pesados como el Níquel y el Vanadio. [48]

3.2.6. Factores legales

Un paso importante para integrar el uso de la energía Geotérmica en el país fue la promulgación en el año 2000 de la Ley 19.657 de Concesiones de Energía Geotérmica, con el fin de promover las exploraciones y explotaciones de recursos geotérmicos por parte de empresas privadas, y se establecen estas concesiones mediante el Ministerio de Energía. Esto ha facilitado la solicitud de concesiones y han hecho más expeditas las posibilidades de explotación. Las concesiones se han extendido a lo largo del territorio andino desde el extremo norte hasta la latitud aproximada de Valdivia, aunque por parte de los concesionarios se indica que los tiempos de concesión establecidos en la Ley son muy cortos, dado que el plazo de dos años establecido es insuficiente para las condiciones propias de la Geotermia, tales como los factores climáticos, que paralizan la actividad durante gran parte del año, y los factores geográficos, pues la mayoría de las concesiones se encuentran en zonas cordilleranas, donde los accesos son muy difíciles.[4]Además con respecto a los procesos licitatorios los inversionistas critican:

- La lenta tramitación del proceso, dado que desde el llamado a licitación hasta la adjudicación del proyecto se pueden demorar entre 90 y 450 días debido al recurso de reclamación que permite a los postulantes a una concesión presentar oposiciones a las decisiones del ministerio. El problema es que esa oposición tiene un efecto general que retrasa toda la licitación, afectando a todos los solicitantes en cada una de las concesiones, lo que resulta altamente ineficiente. [49]
- El que no exista un “derecho preferente” como ocurre dentro de la constitución de concesión minera, donde el primer interesado que presenta la solicitud de concesión al ministerio tiene preferencia ante la adjudicación del proyecto. (Dado que pueden darse casos donde un segundo inversionista pide una concesión en el mismo lugar basándose en los estudios realizados por la primera empresa concesionaria). [4]

El 20 de julio del 2016 se publicó la Ley N° 20.936 de Transmisión Eléctrica, que permitirá contar con energía más limpia y a menor precio. La nueva iniciativa legal establece nuevos sistemas de transmisión de energía eléctrica y la creación de un organismo coordinador independiente del sistema eléctrico nacional, que se preocupará

por la eficiencia de su funcionamiento. Asimismo, permitirá fortalecer el sistema de transmisión de energía desde Arica hasta Chiloé, gracias a la interconexión del SING con el SIC, que estará lista el próximo año. Se espera que esta mejora posibilite la incorporación de nuevos actores del segmento de generación eléctrica, particularmente en ERNC.

3.3. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Con los análisis realizados se ha demostrado que la energía geotérmica constituye una significativa opción energética para el desarrollo sustentable del país, principalmente por el alto potencial con el que cuenta, que podría llegar a 16 mil MW, con un potencial útil según resultados preliminares, entre 1235 y 3350 MW, dada su ubicación geográfica. Además, como ocurre con las demás energías limpias, la electricidad generada a partir de recursos geotérmicos reduce la dependencia externa, aportando con esto a la seguridad energética, es de alta calidad y no depende de estados meteorológicos, implica bajos costos operacionales, y con un manejo adecuado genera bajo impacto ambiental. Las características antes mencionadas hacen de la Geotermia una energía con excelentes ventajas para su utilización y permanente mantención, pero mediante los análisis realizados quedaron a la vista numerosas desventajas que tiene el país para poder desarrollar ésta fuente energética, factores negativos que a lo largo de los años el Estado ha tratado de solucionar efectuando una mayor promoción.

3.3.1. Medidas implementadas relacionadas con las debilidades del país para desarrollar la Geotermia

Para utilizar la energía Geotérmica con fines prácticos se requiere la unión de una serie de factores: legales, económicos, tecnológicos, geológicos (o físicos), sociales e incluso políticos, los cuales condicionan la posibilidad de explotar esta energía en una determinada zona.

En cuanto al factor legal, desde el año 2000 el gobierno viene fomentando la explotación de los recursos geotérmicos, al promulgar la Ley “Sobre Concesiones de energía Geotérmica” que estableció un marco regulatorio para la exploración y explotación de este recurso. Esta ley constituye un gran avance en materia de regulación

geotérmica, sin embargo, para los inversionistas es necesaria la modificación de esta Ley con el fin de mejorar el sistema de concesiones debido a los cortos plazos establecidos.

En lo que a económico se refiere ha mejorado hasta ahora principalmente por el concurso de CORFO y CNE de apoyo financiero que busca apoyar y mejorar las condiciones iniciales para el desarrollo de energías limpias, creando más confianza y conocimiento en los inversionistas. Además SERNAGEOMIN puso a disposición un laboratorio analítico con capacidades para cubrir estudios relacionados con la Geotermia, orientado a la atención de necesidades privadas y públicas sobre el análisis de diversos tipos de muestras. Además de los aparatos tecnológicos, cuentan con un equipo de profesionales calificados para la realización de asesorías técnicas sobre la materia. [50] El trabajo de laboratorio se suma a los estudios de potencial geotérmico que por mandato legal realiza este organismo para reducir la incertidumbre económica de las fases de exploración geotérmica, creando el primer mapa de favorabilidad Geotérmica en Chile en el año 2014 con el objetivo de identificar áreas favorables para el desarrollo de proyectos de exploración/ explotación geotérmica, de ésta forma los tiempos de construcción de una central disminuirán considerablemente, ya que el inversionista tendrá la seguridad que el sector a explotar es apropiado para instalar una planta de éste tipo, además los altos costos iniciales que fueron planteados en un comienzo como una barrera para la entrada de la Geotermia en el país se verán disminuidos dado que no será necesario realizar mayores gastos en la etapa de exploración. Sin embargo, la información existente hasta hoy no es suficiente dado que aún falta mucho territorio nacional por estudiar.

En cuanto a los factores tecnológicos, vinculado estrechamente con el económico, ha sido un obstáculo para el desarrollo de la Geotermia en Chile, pero los instrumentos de fomento existentes en la actualidad podrían mejorar dicho panorama a futuro. Aunque si bien hay iniciativas a nivel institucional para contribuir con la formación y capacitación de profesionales especializados no es un tema resuelto aún.

Con respecto al factor social existente en el país, aunque hoy en día no hay experiencia aún acerca de la recepción social de la instalación de una central Geotérmica; es conocido que la comunidad está preocupada en cuanto a los cuidados del medio ambiente, viéndose reflejado a través de redes sociales y de manifestaciones.

3.3.2. Inversión necesaria para una planta Geotérmica

Los costos para ésta tecnología son muy variables dado que es muy difícil ubicar el yacimiento sin antes realizar los pozos exploratorios. Para tener una idea inicial se requiere realizar actividades de investigación relacionadas con la geología, geoquímica, geofísica, etc.

El costo de una perforación y terminación de un pozo corresponden entre el 30 y 50% del costo de inversión del proyecto (aunque el costo de operación de una central geotérmica es muy bajo), que es mucho mayor que los costos de inversión de centrales de combustibles fósiles. [41] Actualmente la perforación de un pozo Geotérmico en Chile bordea los US\$10 millones y típicamente en un programa exploratorio se necesita un número mínimo de cuatro pozos profundos para realizar las pruebas, lo que significa una inversión de alrededor de US\$40 millones sólo en la primera etapa (Exploración)

Entre otros factores que influyen en el costo de una planta geotérmica, además del costo de perforación de un pozo en Chile, son:

- Temperatura y profundidad del recurso
- Tipo de recurso (vapor, líquido)
- Química del fluido geotérmico
- Permeabilidad del recurso
- El tamaño de la planta a ser construida. En este tipo de centrales existen economías de escala importantes. Es decir, a mayores tamaños de centrales geotérmicas menores costos medios de producción de energía.
- EL tipo de tecnología de la planta. Una central de tipo flash de 20 MW a 50 MW en el mercado actual varía desde US\$2100/kW a US\$2600/ kW, mientras que el costo de desarrollo de plantas de ciclo binario de 10 a 30 MW varía desde US\$3000/ kW a US\$3300/ kW.
- Infraestructura.
- Condiciones climáticas del sitio
- Topografía del sitio
- Restricciones medioambientales y estudios
- Líneas de transmisión hacia la red de consumo, factor importante en el país dado que las zonas con mayor potencial geotérmico se encuentran, su mayoría, en zonas cordilleranas.
- Costos indirectos como: administrativos, permisos, financiamiento, impuestos, etc. A manera de ejemplo, se cita que los costos indirectos para una planta geotérmica en países subdesarrollados están alrededor del 30% del costo total e incluso pueden llegar a ser más altos.
- Otro costo importante es el camino de acceso, puesto que se considera como desventaja en el país dado la ubicación de las zonas potencialmente altas. [41]

3.3.2.1. Costos directos

Tabla 3-2. Costos Directos¹²de Capital (US\$/kW capacidad instalada)

Tamaño de la planta	Recurso de alta calidad	Recurso de media calidad
Plantas pequeñas (<5 MW)	Exploración: US\$ 400 -800 Campo de Vapor:US\$100 -200 Planta Geotérmica: US\$1100 -1300 Total: US\$ 1600 - 2300	Exploración: US\$400 -1000 Campo de Vapor:US\$300 –600 Planta Geotérmica: US\$1100 -1400 Total: US\$1800 -3000
Plantas medianas (5-30 MW)	Exploración: US\$250 -400 Campo de Vapor:US\$200 -500 Planta Geotérmica: US\$850 -1200 Total: US\$1300 -2100	Exploración: US\$250 -600 Campo de Vapor:US\$400-700 Planta Geotérmica: US\$950 -1200 Total: US\$1600 - 2500
Plantas Grandes (>30 MW)	Exploración: US\$100 - 200 Campo de Vapor:US\$300 -450 Planta Geotérmica: US\$750 - 1100 Total: US\$1150 – 1750	Exploración: US\$100 - 400 Campo de Vapor:US\$400 - 700 Planta Geotérmica:US\$850 - 1100 Total: US\$1350 – 2200

Fuente: http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2007/barriga_s/html/index-frames.html

En la tabla 3-2, se aprecian los costos directos a modo general al implementar una planta Geotérmica. En una planta con una capacidad instalada de 50 MW (como será aproximadamente Cerro Pabellón) el costo directo seria:

Si un 1kW (en una planta de 50MW) tiene un costo directo total entre US\$1150 y US\$1750, y:

$1\text{MW} = 1000\text{kW} \rightarrow 50\text{MW} = 50000\text{kW}$
 $50000\text{kW} * \text{US\$}1150 = \text{US\$}57,5\text{millones} / 50000\text{kW} * \text{US\$}1750 = \text{US\$}87,5\text{millones}$

Por lo tanto, una central Geotérmica de 50MW tiene un costo directo entre US\$57,5 millones y US\$87,5 millones.

3.3.2.2. Costos indirectos

¹²Son aquellos Costos de los recursos que se incorporan físicamente al producto final y a su empaque. Ambos se comercializan conjuntamente. El costo directo también contempla las labores necesarias para el manipuleo y transformación de dichos recursos.

También se encuentran los costos indirectos¹³, los cuales varían dependiendo de la ubicación del sitio, su accesibilidad, el nivel de infraestructura y especificaciones de expropiación. Estos costos se calculan en base a tres categorías de localización de los proyectos:

Localización A: Donde los costos indirectos son entre el 5 y el 10% de los costos directos y depende de la cercanía a grandes ciudades. Con frecuencia, se ubican dentro de las ciudades más desarrolladas. Por Ejemplo: Santiago y sus alrededores.

Localización B: Donde los costos indirectos son entre el 10 y el 30% de los costos directos. Generalmente se localizan relativamente lejos de las ciudades. Por Ejemplo: Valparaíso.

Localización C: Donde los costos indirectos son entre el 30 y el 60% de los costos directos. En general, se ubican muy lejos de las ciudades, en sectores muy poco desarrollados. Por Ejemplo: Arica. [32]

Y según estudios el mayor potencial Geotérmico en el país se encuentra en zonas cordilleranas y cercanas a las zonas volcánicas [51], lo que significa que los costos indirectos para el país serían entre el 30 y el 60% de los costos directos. En caso de ser el 30%, el costo de una planta Geotérmica sería (incluyendo costos directos e indirectos para una central de 50MW):

El 30% de US\$57,5 millones = US\$17,25 millones

Y el 30% de US\$87,5 millones = US\$26,25 millones

Por lo tanto, si los costos indirectos de una planta Geotérmica son el 30% de los costos directos, el valor de una central de éste tipo (incluyendo costos directos e indirectos) sería entre US\$74,75 millones y US\$113,75 millones.

Y en el caso de ser el 60%, el costo de una planta Geotérmica sería (incluyendo costos directos e indirectos para una central de 50MW):

El 60% de US\$57,5 millones = US\$34,5 millones

Y el 60% de US\$87,5 millones = US\$52,5 millones

Por lo tanto, si los costos indirectos de una planta Geotérmica son el 60% de los costos directos, el valor de una central de éste tipo (incluyendo costos directos e indirectos) sería entre US\$92 millones y US\$140 millones.

3.3.2.3. Comparación económica con otras fuentes energéticas

¹³ Son aquellos costos de los recursos que participan en el proceso productivo; pero que no se incorporan físicamente al producto final. Estos Costos están vinculados al periodo productivo y no al producto terminado.

Según últimos estudios la generación de 1 kWh utilizando energía Geotérmica tiene un valor de ¢US\$10. [52]Al comparar con otras fuentes de energía, generar electricidad mediante el uso de energía Geotérmica es mucho más económico (como se aprecia en la Tabla 3-3. Costos de generación eléctrica por diferentes fuentes energéticas).

Tabla 3-3. Costos de generación eléctrica por diferentes fuentes energéticas

Fuente	Costo de generación(¢US/ kWh)
Energía Geotérmica	10
Energía Hidroeléctrica	5
Energía Termoeléctrica (a Carbón)	14
Energía Termoeléctrica (a Gas Natural)	15

Fuente: <http://www.revistaei.cl/2015/01/14/costos-de-geotermia-por-kwh-llegan-10-centavos-de-dolar/>

Pero en cuanto al costo directo que significa implementar una central, los valores varían de la siguiente forma:

Tabla 3-4. Costo directo de capital por diferentes fuentes energéticas

Fuente	Costo directo de capital (US\$/ kW)
Energía Geotérmica	1150 – 3000
Energía Hidroeléctrica	735 – 4778
Energía Termoeléctrica (a Carbón)	1070 – 1410

Fuente: <http://www.mailxmail.com/curso-centrales-energia-geotermica-2-2/costes-uso-energia-geotermica-1-2>

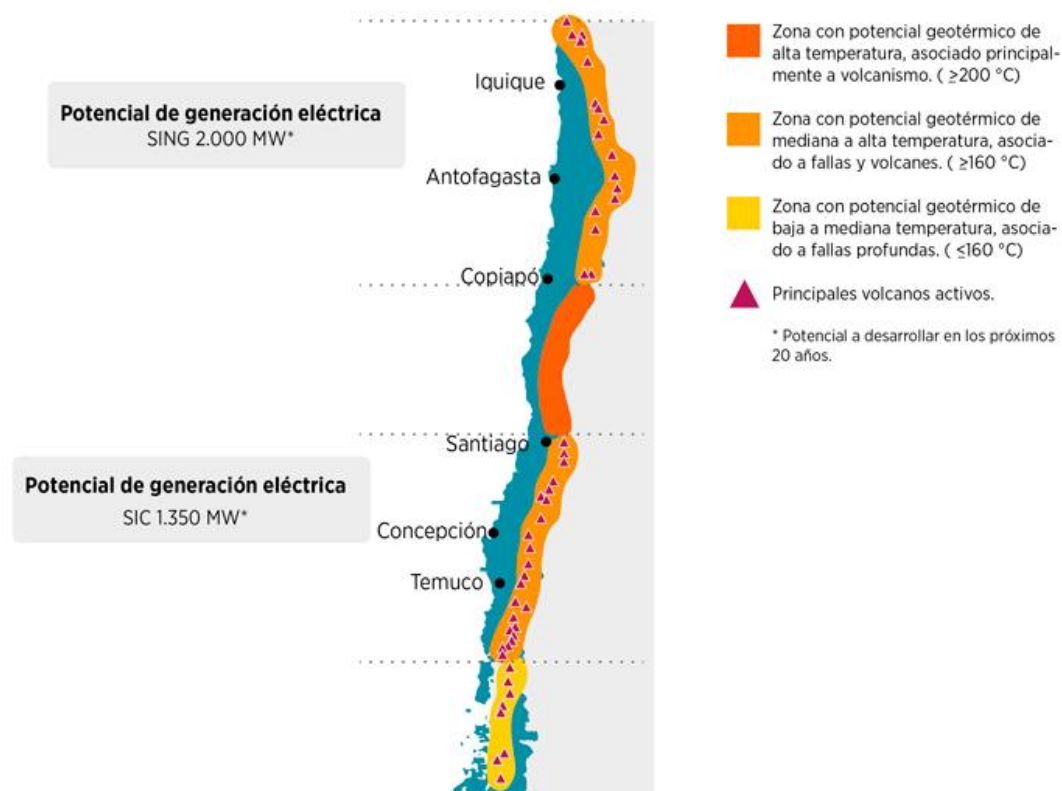
En resumen si se toman en cuenta los costos de inversión inicial o también conocidos como costos CAPEX¹⁴(éstos costos se consideraran CAPEX siempre y cuando se cuente con el capital necesario a invertir, de lo contrario si ese costo se cubre con créditos los cuales se cancelan en cuotas, los costos OPEX aumentan).analizados con anterioridad, se puede concluir que para construir una planta Geotérmica estos costos son altos en comparación a otras fuentes energéticas como la Hidroeléctrica o las Termoeléctricas, donde mediante estudios realizados ya se conoce la mejor localización para ubicar una planta de estos tipos, además por experiencia se ésta al tanto de los inconvenientes que se pueden presentar y se cuenta con la maquinaria necesaria para sus procesos. Situación muy diferente que se da al querer implementar una planta Geotérmica, donde se debe realizar una gran inversión tanto en maquinarias necesarias para la realización de pozos en las primeras etapas (etapa de exploración), la construcción de caminos de accesos y líneas de transmisión hacia la red de consumo y, el costo que significa construir la planta una vez realizados los procesos de exploración y explotación. Pero en un proyecto Geotérmico estos costos se pueden recuperar a largo plazo debido a los bajos costos operacionales o costos OPEX¹⁵ que tiene ésta fuente energética en comparación con las otras fuentes más utilizadas en Chile, dado que en una planta Geotérmica no se deben realizar gastos en la compra de insumos como lo es el caso de una Termoeléctrica. Si bien al implementar ésta fuente renovable los inversionistas lo más probable es que deban acceder a créditos, los cuales pasarían a ser costos OPEX, el costo en si para generar energía a través de una fuente Geotérmica (5¢US/kWh) es mucho más económica que una Termoeléctrica (14 ¢US/kWh), lo que significa finalmente que la energía Geotérmica es a largo plazo viable económicamente.

3.3.3. Zonas potenciales del país

En relación a los recursos geotérmicos, se distinguen los de alta, media y baja temperatura. Los primeros se encuentran asociados a zonas de volcanes activos, cuya temperatura supera los 200°C, estos son los que tienen mejor rendimiento para generación de energía eléctrica, en Chile se encuentra entre el límite norte y la latitud de Copiapó; y entre las latitudes de Santiago y Puerto Montt. [53]

¹⁴O gastos de capital, es la cantidad que se gasta para adquirir o mejorar los activos productivos (tales como edificios, maquinaria y equipos, vehículos) con el fin de aumentar la capacidad o eficiencia de una empresa. Son gastos iniciales que sólo se hacen una vez.

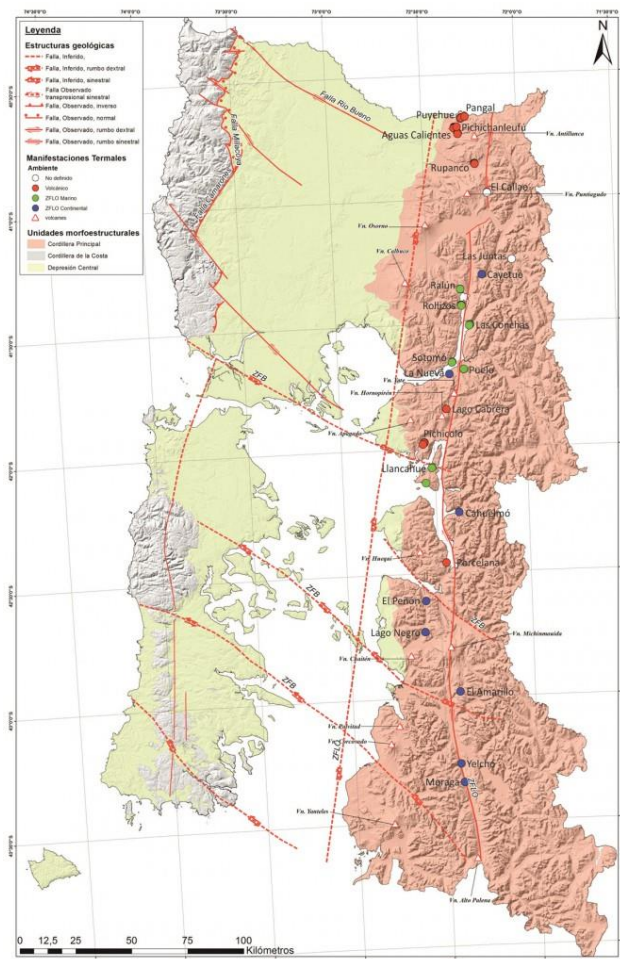
¹⁵U Operating Expenses, es un costo continuo para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema, incluye alquileres o cuotas mensuales que se deban cancelar de un crédito o préstamo.



Fuente: <http://www.aprendeconenergia.cl/index.php/recursos-energeticos-renovables/2014-12-19-15-42-45/geotermia-en-chile>

Figura 3-1. Potencial Geotérmico en Chile

El primer mapa de recursos geotérmicos realizado por SERNAGEOMIN fue de la región de Los Lagos, donde fueron definidos dos grandes ambientes que cuentan con recursos geotérmicos: la depresión central del centro de la región, donde se reconocieron recursos geotérmicos de “muy baja” a “baja” temperatura (variando entre los 16 y los 23°C) asociados a aguas subterráneas que se localizan entre los cero y los 70 metros de profundidad y, la cordillera principal, ubicada en todo el borde este, donde se detectaron recursos geotérmicos de “baja” a “alta” temperatura (variando entre los 71 y los 250°C), estimándose posible la existencia de diversos reservorios geotermiales (rocas o depósitos permeables con un volumen y recarga hídrica suficiente para asegurar una explotación prolongada). Los sistemas geotermiales considerados de mayor interés allí son el complejo volcánico Antillanca-Casablanca, el estero Reloncaví y la península de Huequí. [51]



Fuente:<http://www.salmonexpert.cl/noticias/recursos-geotermicos-de-la-region-de-los-lagos/>

Figura 3-2. Mapa de ubicación de las emisiones termales de la Región de Los Lagos. (Cordillera de la Costa en gris, Depresión Central en amarillo y Cordillera Principal en pardo anaranjado)

Además, existen variados estudios geológicos en la zona norte y sur del país que han permitido una evaluación preliminar del potencial geotérmico de Chile en aproximadamente 16.000 MW, de los cuales 3.500 MW tienen la posibilidad de materializarse, según las estimaciones del Consejo Geotérmico. [36] En estos estudios se han indicado también otras áreas específicas para explotar este recurso:

- Norte: Se han detectado alrededor de 90 zonas termales a lo largo de esta zona. En muchos de ellos se han realizado reconocimientos geológicos y geoquímicos, y solamente las áreas geotermales de Apacheta, Puchuldiza y El Tatio han sido sistemáticamente prospectadas mediante estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos, y en las dos últimas se han perforado pozos exploratorios. En cuanto al potencial estimado para estas tres áreas, va desde 300 a 800 MW. [32] Pero En lo que respecta a la zona de El Tatio, su cercanía a San Pedro de Atacama lo han convertido en un centro turístico de nivel internacional, lo que hace que la ciudadanía se niegue rotundamente a la explotación del recurso existente.

- Sur: Se han realizado reconocimientos geológicos y geoquímicos preliminares en muchas áreas de las más de 200 existentes en esta parte del país. En cuanto a la exploración geotermal sistemática, esta sólo se ha desarrollado en las áreas de Calabozos, Puyehue-Cordón Caulle y Nevados de Chillán donde un pozo exploratorio a 274 m. captó fluidos a 198°C. Con respecto al potencial estimado para estas tres zonas, va desde unos 400 a 1500 MW. [32]

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La energía Geotérmica solo es desconocida a nivel nacional, ya que, al realizar la revisión bibliográfica sobre la experiencia del uso de ésta fuente energética en el mundo, ésta es aprovechada hace bastante tiempo (desde 1904, cuando comenzó a funcionar la primera planta Geotérmica). El hecho de que hoy en día la matriz energética está constituida principalmente por termoeléctricas e hidroeléctricas y, que el país se ha visto perjudicado por factores externos que afectan las importaciones de energía que representan más del 70% en Chile, es que se está dando la oportunidad a las energías renovables de desarrollarse, tal como se ilustró en los diferentes gráficos donde se expuso detalladamente la evolución de la matriz energética de Chile a través de los años.

Por medio del presente trabajo queda demostrado que hoy en día gracias a todos los avances que se han realizado en el país en cuanto a la Geotermia, la implementación de ésta fuente energética es mucho más factible para Chile que hace 10 años atrás, pero aunque estos avances han sido un paso fundamental para que la Geotérmica se pueda desarrollar con mayor fuerza en el país, aún quedan muchos factores por resolver para dar el impulso necesario a ésta fuente, los cuales quedaron expuestos al realizar el análisis de factibilidad técnica, ambiental y de aspectos económicos. Si bien ahora existen leyes que apoyan la implementación de ésta fuente energética, ésta requiere de ajustes y modificaciones que den cuenta de las dificultades con las que se encuentran los inversionistas al momento de implementar una central, mientras que el ámbito económico es importante sobre todo en la primera etapa de exploración, dado los altos costos que estos significan. Una planta Geotérmica con una capacidad instalada de 50 MW tiene un costo aproximado de entre US\$140 millones y US\$180 millones (lo que se ha invertido hasta hoy en la central Cerro Pabellón) y aunque hay sistemas de financiamiento, no se aprecia una estrategia financiera de parte del gobierno que abarque lo que se requeriría para generar electricidad que represente un aporte significativo de ERNC dentro de la matriz del país. Esto último hace necesario reducir los costos para competir con las tecnologías actuales de generación, mediante financiamiento especial del gobierno a los inversionistas privados.

Por lo tanto, es el Estado de Chile quien debería realizar mayores inversiones de fondos a través de subsidios, mejorar los catastros de recursos existentes ejecutando estos estudios a nivel país. Además, colaborar en la formación de mejores profesionales realizando la subvención de carreras relacionadas, y mejorar la tramitación de las constituciones de concesiones geotérmicas y procesos licitatorios.

Finalmente, cabe recordar que cada vez son más los cambios climáticos que se están experimentando en el planeta debido a la inconsciencia del ser humano y su deseo de querer más comodidad a costa de dañar el medio ambiente. Por esto la energía Geotérmica es la solución, ya que favorece a la naturaleza, y además podría satisfacer una necesidad al incorporarla. Hoy en día en Chile se está llevando a cabo una serie de licitaciones que buscan explotar la energía Geotérmica para eliminar los índices de contaminación, y como consecuencia directa independizarse energéticamente.

BIBLIOGRAFÍA

ABOUT. ¿Qué es la energía Geotérmica? [en línea]. About en español, 2016. <<http://vidaverde.about.com/od/Tecnologia-y-arquitectura/a/Energia-Geotermica-Historia-Y-Usos.htm>> [Consulta: 24 de febrero de 2017].

ANTECEDENTES Sobre la matriz energética en Chile y sus desafíos para el futuro [en línea]. <http://www.cchen.cl/mediateca/PDF/antecedentes_matriz_energetica.pdf>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [25]

APRENDE CON ENERGÍA. Potencial Geotérmico en Chile. Aprende con energía [en línea]. <<http://www.aprendeconenergia.cl/potencial-geotermico-en-chile/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [53]

ASTUDILLO, Antonio. Falta de equipos y alto costo de exploración limitan inversión en Geotermia [en línea]. La Tercera. 26 de diciembre de 2012. <<http://www.latercera.com/noticia/falta-de-equipos-y-alto-costo-de-exploracion-limitan-inversion-en-geotermia/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [42]

BARRIGA, Sebastián. Generación eléctrica Geotérmica en Chile: análisis de las condiciones para su desarrollo sustentable [en línea]. Concepción, Chile. <http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2007/barriga_s/html/index-frames.html>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [32]

BID (Banco Interamericano del Desarrollo). La energía Geotérmica [en línea]. <<https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6601/EI%20calor%20de%20la%20Tierra%3A%20fuente%20inagotable%20de%20energ%C3%ADa%20sostenible.pdf?sequence=4>>. [Consulta: 13 de enero de 2013]. [20]

BIOENCICLOPEDIA. Combustibles Nucleares [en línea]. BioEnciclopedia, 2014. <<http://www.bioenciclopedia.com/combustibles-nucleares/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017].

BUSINESS NEWS AMERICAS. Complejo Geotérmico Cerro Prieto [en línea]. <<http://www.bnamericas.com/project-profile/es/cerro-prieto-geothermal-plant-cerro-prieto>>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [14]

CEGA (Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes), [en línea]. <<http://www.cea.ing.uchile.cl/informacion-de-interes/Geotermia-en-chile/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [36]

CENTRAL ENERGIA. Potencial Geotérmico de Chile [en línea]. Central energía, 2010. <<http://www.centralenergia.cl/2010/10/06/potencial-geotermico-de-chile/>>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [34]

CENTRAL ENERGÍA. Potencial Geotérmico de Chile [en línea]. Central energía, 2010. <<http://www.centralenergia.cl/2010/10/06/potencial-geotermico-de-chile/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]

CHILE RENOVABLES. Grado de avance que muestra la energía solar en Chile [en línea]. <<http://www.chilerenovables.cl/grado-de-avance-que-muestra-la-energia-solar-en-chile/>>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [31]

CHILE SIN TERMOELÉCTRICAS [en línea]. 26 de agosto de 2010. <<https://www.facebook.com/chilesintermos/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [43]

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA. Reporte mensual sector energético [en línea]. 2016. <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/RMensual_2016Junio.pdf>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [30]

COSTOS De Geotermia por kWh llegan a 10 centavos de dólar [en línea]. Electricidad, la revista energética de Chile, 2015. <<http://www.revistaei.cl/2015/01/14/costos-de-geotermia-por-kwh-llegan-10-centavos-de-dolar/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [52]

EL PERIÓDICO DE LA ENERGÍA. The Geysers, el complejo Geotérmico más grande del mundo [en línea]. El periódico de la energía. 15 de diciembre, 2014. <<http://elperiodicodelaenergia.com/the-geysers-el-complejo-geotermico-mas-grande-del-mundo/>>. [Consulta: 12 de enero de 2017]. [11]

EMPRESAS ELÉCTRICAS A.G. Licitaciones Vigentes. Programa licitación suministro 2017/01. <<http://www.licitacioneselectricas.cl/licitaciones-vigentes/programa/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [49]

ENDESA EDUCA. Centrales Nucleares [en línea].
<http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/x.-las-centrales-nucleares>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [23]

ENDESA EDUCA. Centrales Térmicas convencionales [en línea].
<http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/viii.-las-centrales-termicas-convencionales>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [27]

ENERGÍA ANDINA. Preguntas frecuentes. [en línea]. 2013.
<<http://www.energiandina.cl/category/geotermia/preguntas-frecuentes/>>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [33]

ENERGÍA CHÍ- CUADRADO. Sistemas de aprovechamiento de fuentes geotérmicas (III) [en línea]. 2013. <<https://energiachicuadrado.com/2013/01/29/sistemas-de-aprovechamiento-de-fuentes-geotermicas-iii/>>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [21]

ENERGÍA Geotérmica [en línea].
<<http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo21.pdf>>.
[Consulta: 13 de enero de 2017]. [13]

ENERGÍAS RENOVABLES. Energía Geotérmica: Ventajas y desventajas. Energías renovables [en línea], 2014.
<<http://www.energiasrenovablesinfo.com/geotermica/energia-geotermica-ventajas-desventajas/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. Costos de la generación Geotérmica [en línea]. Geotermia, Argentina.
<http://materias.fi.uba.ar/6723/pdf/Costos_de_la_Generaci_n_Geot_rmica%5b1%5d.pdf>.
[Consulta: 24 de febrero de 2017]. [41]

FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid). Guía de la energía Geotérmica [en línea]. <<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-Geotérmica.pdf>>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [9]

FIERAS DE LA INGENIERÍA. Las plantas de energía geotérmica más grandes del mundo [en línea]. Fieras de la Ingeniería, 2014.

<<http://www.fierasdelaingenieria.com/las-plantas-de-energia-geotermica-mas-grandes-del-mundo/>>. [Consulta: 12 de enero de 2017]. [10]

FUNDACIÓN MAPFRE. La opción de la energía Geotérmica. Seguridad y Medio Ambiente [en línea]. Madrid, 2009 <<http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/nEspecial2009/capitulo5.1.1.html>>. [Consulta: 12 de enero de 2017]. ISSN 1888-5438 [6]

GEO THERMOS. Las 5 plantas de energía Geotérmica más importantes del mundo [en línea]. Energía Geotérmica. <<http://geothermos.blogspot.cl/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [16]

GONZÁLEZ, Gustavo. América latina: En 16 países se estudia uso de energía geotérmica [en línea]. Inter Press Service, agencia de noticias. 22 de noviembre, 1996. <<http://www.ipsnoticias.net/1996/11/america-latina-en-16-paises-se-estudia-uso-de-energia-Geotermica/>>. [Consulta: 23 de febrero de 2017]. [35]

JERIA, Daniel. ¿En qué está la energía Geotérmica en Chile? [en línea]. El Dínamo. 20 de enero, 2014. <<http://www.eldinamo.cl/ambiente/2014/01/20/en-que-esta-la-energia-geotermica-en-chile/>>. [Consulta: 11 de enero de 2017]. [2]

LEDESMA, Rosa. El calor de la Tierra [en línea]. México. <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/058/htm/sec_8.htm>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [15]

LEY 20.417: Crea el ministerio, el servicio de evaluación ambiental y la superintendencia del medio ambiente. 26 de enero de 2010. <<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1010459>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [47]

LLAIQUEL, Stephanie. Matriz energética de Chile [en línea]. 2014. <<http://prezi.com/n3jhbvf-h680/matriz-energetica-de-chile/>>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [26]

MINISTERIO DE ENERGÍA. Energías renovables. [en línea]. <<http://www.energia.gob.cl/energias-renovables>>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [24]

MINISTERIO DE ENERGÍA. Política energética de Chile [en línea]. <<http://www.energia2050.cl/wp-content/uploads/2016/07/Politica-Energetica-Nacional.pdf>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [37]

NRDC (Natural Resources Defense Council). El futuro de la energía limpia en Chile [en línea], 2013. <http://www.laondaverde.org/laondaverde/international/files/chilecostofenergy_sp.pdf>. [Consulta: 11 de enero de 2017]. [3]

NRDC (Natural Resources Defense Council). Energía Geotérmica: Aprovechando la potencia de la tierra para impulsar el futuro energético de Chile [en línea]. 2013. <<http://www.laondaverde.org/international/files/chile-geothermal-IB-sp.pdf>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]

ORELLANA, Gustavo. La Geotermia entra en una etapa decisiva [en línea]. Diario Pulso, 2012. <<http://www.pulso.cl/empresas-mercados/la-geotermia-entra-en-una-etapa-decisiva/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [46]

PATAGONIA SIN REPRESAS [en línea]. <<https://www.facebook.com/patagonia-sin-represas-14224609711/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [44]

PEARSON EDUCACIÓN. Energía Geotérmica. Tecnología [en línea], 2010. <<http://www.mailxmail.com/curso-centrales-energia-geotermica-2-2/energia-geotermica-tecnologia>>. [Consulta: 12 de enero de 2017]. [8]

PIENSA EN GEOTERMIA. Geotermia [en línea]. <<http://www.piensageotermia.com/geotermia/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017] [7]

PIENSA EN GEOTERMIA. Profesionales necesarios para la ejecución de una planta Geotérmica [en línea]. Pienso en Geotermia, 12 de julio de 2012. <<http://www.piensageotermia.com/profesionales-necesarios-para-la-ejecucion-de-una-planta-geotermica/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [45]

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. Estado del arte de la Geotermia en Chile, ¿Qué es lo que ha salido mal? [en línea]. 2014. <<http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno14/geoterm/me.pdf>>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [17]

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. Impacto Ambiental de la generación Termo Eléctrica [en línea]. <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/mercados/impamb/EIA%20Electrico_archivos/Page1246.htm>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [28]

PORTAL EDUCATIVO. Tipos de energía [en línea]. 2011. <<http://www.portaleducativo.net/movil/quinto-basico/106/Tipos-de-energia>>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [22]

PROYECTO Geotérmico [no se encuentra en línea]. <<http://geotermia.cl/proyecto/proyecto-greenfield-ii/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [18]

RASGOS e impactos ambientales de la perforación Geotérmica en Chile. [en línea]. Electricidad, la revista energética de Chile. 2016. <<http://www.revistaei.cl/2016/05/27/rasgos-e-impactos-ambientales-de-la-perforacion-geotermica-en-chile/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017].

RENOVABLES VERDES DE BEIZZA. Energía Geotérmica en el mundo [en línea]. Renovables Verdes, 2010. <<http://www.renovablesverdes.com/energia-geotermica-en-el-mundo/>>. [Consulta: 11 de enero de 2017]. [1]

SALDIVIA, Miguel. Barreras de entrada a la Geotermia en Chile. Memoria (Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales) Santiago, Chile: Universidad de Chile. Facultad de Derecho, 2013. 174 h. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/114500/de-saldivia_m.pdf?sequence=1>. [Consulta: 24 de febrero de 2017] [4]

SALMONEXPERT. Recurso Geotérmicos de la Región de Los Lagos [en línea]. Servicio Nacional de Geología y Minería, 2015. <<http://www.salmonexpert.cl/noticias/recursos-geotermicos-de-la-region-de-los-lagos/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [51]

SANDOVAL, Carmen. Alto costo atentó contra primer proyecto Geotérmico regional [en línea]. Diario El Sur. 5 de abril, 2016. <http://www.gisma.cl/nueva_web/alto-costos-atento-primer-proyecto-geotermico-biobio/>. [Consulta: 13 de enero de 2017]. [19]

SERNAGEOMIN (Servicio Nacional de Geología y Minería). Laboratorio analítico y geotermia en el SERNAGEOMIN [en línea]. <<http://www.sernageomin.cl/laboratorio-geotermico.php>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [50]

SILVA, Carolina. La Geotermia en Chile [en línea]. 15 de enero de 2008. <http://www.sernageomin.gov.cl/images/descargas/planeta_tierra/CSilvaSNGM.pdf>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [40]

SOITU.ES. Un campo de géiseres en California para producir energía las 24 horas [en línea]. Soitu.es, 2009. <http://www.soitu.es/soitu/2009/06/02/medioambiente/1243949374_001725.html>. [Consulta: 12 de enero de 2017]. [12]

SONDAJES y perforaciones geotérmicas: los riesgos de una actividad en alta cordillera [en línea]. Electricidad, la revista energética de Chile, 2013. <<http://www.revistaei.cl/reportajes/sondajes-y-perforaciones-geotermica-los-riesgos-de-una-actividad-en-alta-cordillera/>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [38]

TELUR. Análisis del sector de la energía Geotérmica en España [en línea]. Telur, 2015. <http://telur.on-rev.com/blogs/media/blogs/a/quick-uploads/p118/geoplat_dic2015.pdf?mtime=1452337469> [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [5]

TORO, Wilibaldo. Energía Geotérmica y su empleo en generación de electricidad [en línea]. Revista Electro industria, 2005. <<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=307>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [48]

TWENERGY. Desventajas de la energía Geotérmica [en línea]. Twenergy, 2012. <<https://twenergy.com/a/desventajas-de-la-energiaGeotermica-478>>. [Consulta: 24 de febrero de 2017]. [39]

TWENERGY. Desventajas de la energía Hidráulica [en línea]. Twenergy, 2011. <<https://twenergy.com/a/desventajas-de-la-energia-hidraulica-434>>. [Consulta: 13 de enero de 2017] [29]

ANEXOS

ANEXO A: CONCESIONES DE ENERGÍA GEOTÉRMICA DE EXPLORACIÓN VIGENTES HASTA EL 1 DE DICIEMBRE DE 2016

CONCESIONES DE ENERGÍA GEOTÉRMICA DE EXPLORACIÓN VIGENTES (actualizado al 01 de diciembre de 2016)									
ID	CONCESIÓN	ESTADO	TITULAR	SUPERFICIE (HA)	DECRETO	PRÓRROGA	REGION	PROVINCIA	COMUNA
1	APOQUINDO	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	SERVILAND MINERGY S.A	66.000	D.S. 21 31-01-2014 D. OFICIAL 27-03-2014	NO SOLICITA	REGIÓN METROPOLITANA	CHACABUCO- SANTIAGO- CORDILLERA	COLINA-LO BARNECHEA-LAS CONDES-LA REINA- PEÑALOLEN-LA FLORIDA-PUENTE ALTO-PIRQUE-SAN JOSE DE MAIPO
2	AUCAN III	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	SERVILAND MINERGY S.A	5.600	D.S. 17 15-02-2013 D. OFICIAL 20-07-2013	NO SOLICITA	ANTOFAGASTA	EL LOA	CALAMA- OLLAGÜE
3	AUCAN IV	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	SERVILAND MINERGY S.A	6.400	D.S. 21 15-02-2013 D. OFICIAL 20-07-2013	NO SOLICITA	ANTOFAGASTA	EL LOA	OLLAGÜE

ID	CONCESIÓN	ESTADO	TITULAR	SUPERFICIE (HA)	DECRETO	PRÓRROGA	REGION	PROVINCIA	COMUNA
4	AUCAN V	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	SERVILAND MINERGY S.A	14.000	D.S. 24 15-02-2013 D. OFICIAL 20-07- 2013	NO SOLICITA	ANTOFAGASTA	EL LOA	OLLAGÜE
5	AUCAN VI	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	SERVILAND MINERGY S.A	19.500	D.S. 22 15-02-2013 D. OFICIAL 20-07- 2013	NO SOLICITA	TARAPACÁ- ANTOFAGASTA	DEL TAMARUGAL- EL LOA	PICA-OLLAGÜE- CALAMA
6	CALLAQUI – E	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	INFINERGEO SPA	25.000	D.S. 18 15-02-2013 D. OFICIAL 20-07- 2013	NO SOLICITA	BIOBÍO-LA ARAUCANIA	BIOBÍO- MALLECO	ALTO BIOBÍO- LONQUIMAY
7	CALLAQUI	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	INFINERGEO SPA	99.000	D.S. 272 02-11-2009 D. OFICIAL 08-02- 2011	D.S. 36 04-02-2013 D. OFICIAL 08-03- 2013	BIOBÍO-LA ARAUCANÍA	BIOBÍO- MALLECO	ALTO BIOBÍO- LONQUIMAY

ID	CONCESIÓN	ESTADO	TITULAR	SUPERFICIE (HA)	DECRETO	PRÓRROGA	REGION	PROVINCIA	COMUNA
8	COLPITAS	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	ENERGÍA ANDINA S.A	58.000	D.S. 6 14-01-2011 D. OFICIAL 11-03-2011	D.S. 92 08-03-2013 D. OFICIAL 04-04-2013	ARICA Y PARINACOTA	PARINACOTA	GENERAL LAGOS- PUTRE
9	COPOSA	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	SERVILAND MINERGY S.A	99.900	D.S. 23 15-02-2013 D. OFICIAL 13-07-2013	NO SOLICITA	TARAPACÁ	DEL TAMARUGAL	PICA
10	PANIRI	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	ENERGÍA ANDINA S.A	33.000	D.S. 5 14-01-2011 D. OFICIAL 06-05-2011	D.S. 96 11-03-2013 D. OFICIAL 03-04-2013	ANTOFAGASTA	EL LOA	CALAMA
11	SAN ALBERTO	VENCIDA CON	TRANSMARK CHILE SpA	99.900			ANTOFAGASTA	EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA

		DERECHO EXCLUSIVO			D.S. 104 25-11-2011 D. OFICIAL 08-06- 2012	D.S. 72 04-03-2014 D. OFICIAL 14-03- 2014			

ID	CONCESIÓN	ESTADO	TITULAR	SUPERFICIE (HA)	DECRETO	PRÓRROGA	REGION	PROVINCIA	COMUNA
12	SANTA VICTORIA	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	EDC ENERGÍA VERDE CHILE S.A.	28.500	D.S. 20 15-02-2013 D. OFICIAL 17-07- 2013	NO SOLICITA	ANTOFAGASTA	EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
13	VALLE NEVADO	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	SERVILAND MINERGY S.A	99.900	D.S. 19 15-02-2013 D. OFICIAL 20-07- 2013	NO SOLICITA	REGION METROPOLITANA	SANTIAGO- CORDILLERA	LOS ANDES-LO BARNECHEA-SAN JOSE DE MAIPO
14	VOLCAN TACORA I	VENCIDA CON	SERVILAND MINERGY S.A	2.700	D.S. 27 26-01-2014 D. OFICIAL 26-04- 2014	NO SOLICITA	ARICA Y PARINACOTA	PARINACOTA	GENERAL LAGOS

		DERECHO EXCLUSIVO							
15	VOLCAN TACORA II	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	SERVILAND MINERGY S.A	3.600	D.S. 22 31-01-2014 D. OFICIAL 26-04-2014	NO SOLICITA	ARICA Y PARINACOTA	PARINACOTA	GENERAL LAGOS

ID	CONCESIÓN	ESTADO	TITULAR	SUPERFICIE (HA)	DECRETO	PRÓRROGA	REGION	PROVINCIA	COMUNA
16	VOLCAN TACORA III	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	SERVILAND MINERGY S.A	8.000	D.S. 26 26-01-2014 D. OFICIAL 26-04-2014	NO SOLICITA	ARICA Y PARINACOTA	PARINACOTA	GENERAL LAGOS
17	VOLCAN TACORA IV	VENCIDA CON DERECHO EXCLUSIVO	SERVILAND MINERGY S.A	26.400	D.S. 23 31-01-2014 D. OFICIAL 24-03-2014	NO SOLICITA	ARICA Y PARINACOTA	PARINACOTA	GENERAL LAGOS

18	LASCAR	VIGENTE	TRANSMARK CHILE SpA	24.000	D.S. 15 27-01-2014 D. OFICIAL 14-03- 2014	D.S. 187 07-03- 2016 D. OFICIAL 06-05- 2016	ANTOFAGASTA	EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
19	LINZOR	VIGENTE	TRANSMARK CHILE SpA	33.000	D.S. 17 27-01-2014 D. OFICIAL 14-03- 2014	D.S. 188 07-03- 2016 D. OFICIAL 06-05- 2016	ANTOFAGASTA	EL LOA	CALAMA

ID	CONCESIÓN	ESTADO	TITULAR	SUPERFICIE (HA)	DECRETO	PRÓRROGA	REGION	PROVINCIA	COMUNA
20	PUCHULDIZA 3	VIGENTE	MRP CHILE EXPLORACIÓN LIMITADA	3.000	D.S. 86 09-07-2014 D. OFICIAL 13-03- 2015	NO SOLICITA	TARAPACÁ	DEL TAMARUGAL	COLCHANE
21	TIMALCHACA	VIGENTE		68.000					

			SERVILAND MINERGY S.A		D.S. 100 19-10-2015 D. OFICIAL 21-04- 2016	AÚN SOLICITA	NO	ARICA PARINACOTA	Y ARICA- PARINACOTA	ARICA- CAMARONES- PUTRE
22	LATARANI 1	VIGENTE	ENERGÍA ANDINA S.A.	1.000	D.S. 118 19-10-2015 D. OFICIAL 20-04- 2016	AÚN SOLICITA	NO	TARAPACÁ	DEL TAMARUGAL	COLCHANE- HUARA
23	LATARANI 2	VIGENTE	ENERGÍA ANDINA S.A.	800	D.S. 20 04-02-2016 D. OFICIAL 20-04- 2016	AÚN SOLICITA	NO	TARAPACÁ	DEL TAMARUGAL	COLCHANE

ID	CONCESIÓN	ESTADO	TITULAR	SUPERFICIE (HA)	DECRETO	PRÓRROGA	REGION	PROVINCIA	COMUNA
24	CARITAYA	VIGENTE	SERVILAND MINERGY S.A	98.600		AÚN SOLICITA	NO	ARICA-DE TAMARUGAL	

					D.S. 115 19-10-2015 D. OFICIAL 21-04-2016		ARICA Y PARINACOTA- TARAPACÁ		CAMARONES- HUARA- CAMIÑA- COLCHANE
25	CARCOTE	VIGENTE	SERVILAND MINERGY S.A	99.000	D.S. 116 19-10-2015 D. OFICIAL 21-04-2016	AÚN SOLICITA NO	ANTOFAGASTA	EL LOA	CALAMA- OLLAGÜE
26	EL VALLE	VIGENTE	TRANSMARK CHILE SpA.	18.200	D.S. 94 07-07-2016 D. OFICIAL 07-09-2016	AÚN SOLICITA NO	ARAUCANÍA	CAUTÍN	PUCÓN- CURARREHUE
27	LLONQUEN	VIGENTE	TRANSMARK CHILE SpA.	16.200	D.S. 92 07-07-2016 D. OFICIAL 07-09-2016	AÚN SOLICITA NO	LOS RIOS	VALDIVIA	PANGUIPULLI
28	EL ENCUENTRO	VIGENTE	EMPRESA GENERADORA EGENGEO S.A.	15.600	D.S. 112 12-08-2016 D. OFICIAL 14-11-2016	AÚN SOLICITA NO	METROPOLITANA	CORDILLERA	SAN JOSE

Definiciones:

Concesión de Exploración: La concesión de exploración confiere el derecho a realizar los estudios, mediciones y demás investigaciones tendientes a determinar la existencia de fuentes de recursos geotérmicos, sus características físicas y químicas, su extensión geográfica y sus aptitudes y condiciones para su aprovechamiento.

Concesión de Explotación: La concesión de explotación confiere el derecho a utilizar y aprovechar la energía geotérmica que exista dentro de sus límites, incluyendo la realización de actividades de perforación, construcción, puesta en marcha y operación de una central geotérmica.

Concesión de Exploración Vencida con Derecho Exclusivo: Es aquella concesión de exploración cuyo período de vigencia ya caducó, no obstante el titular posee un derecho exclusivo a que el Estado le otorgue la concesión de explotación sobre la respectiva área de exploración. Este derecho se puede ejercer hasta dos años después de vencida la concesión de exploración.

ANEXO B: CONCESIONES DE ENERGÍA GEOTÉRMICA DE EXPLOTACIÓN VIGENTES HASTA EL 1 DE DICIEMBRE DE 2016

CONCESIONES DE ENERGÍA GEOTÉRMICA DE EXPLOTACIÓN VIGENTES (actualizado al 01 de diciembre de 2016)								
ID	CONCESIÓN	ESTADO	TITULAR	SUPERFICIE (HA)	DECRETO	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA
1	APACHETA	VIGENTE	GEOTERMICA DEL NORTE S.A	8.100	D.S. 06 08-01-2009 D. OFICIAL 07-02-2009	ANTOFAGASTA	EL LOA	OLLAGÜE
2	CHILLAN	VIGENTE	EMPRESA NACIONAL DE GEOTERMIA S.A	8.400	D.S. 46 17-04-2013 D. OFICIAL 05-08-2013	BIOBÍO	ÑUBLE	COIHUECO-PINTO
3	EL TATIO	VIGENTE	GEOTERMICA DEL NORTE S.A	4.160	D.S. 246 27-12-2006 D. OFICIAL 26-04-2007	ANTOFAGASTA	EL LOA	CALAMA

ID	CONCESIÓN	ESTADO	TITULAR	SUPERFICIE (HA)	DECRETO	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA
4	LA TORTA	VIGENTE	GEOTERMICA DEL NORTE S.A	5.400	D.S. 5 08-01-2009 D. OFICIAL 07-02-2009	ANTOFAGASTA	EL LOA	CALAMA-SAN PEDRO DE ATACAMA
5	LAGUNA DEL MAULE	VIGENTE	COMPAÑÍA DE ENERGÍA LIMITADA ENERCO	4.000	D.S. 34 29-01-2010 D. OFICIAL 05-05-2010	DEL MAULE	TALCA-LINARES	SAN CLEMENTE- COLBUN
6	PELLADO	VIGENTE	COMPAÑÍA DE ENERGÍA SPA	16.000	D.S. 136 17-11-2014 D. OFICIAL 19-12-2014	DEL MAULE	TALCA-LINARES	SAN CLEMENTE- COLBÚN
7	ROLLIZOS	VIGENTE	SAMUEL SANTA CRUZ	260	D.S. 67 30-08-2005 D. OFICIAL 12-09-2006	DE LOS LAGOS	LLANQUIHUE	PUERTO VARAS

ID	CONCESIÓN	ESTADO	TITULAR	SUPERFICIE (HA)	DECRETO	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA
8	TINGUIRIRICA	VIGENTE	ENERGÍA ANDINA S.A	6.175	D.S. 92 07-10-2013 D. OFICIAL 13-11-2013	DEL LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS	COLCHAGUA	SAN FERNANDO
9	OLCA	VIGENTE	COMPAÑÍA MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI SCM	2.500	D.S. 19 04-02-2016 D. OFICIAL 11-05-2016	TARAPACÁ- ANTOFAGASTA	DEL TAMARUGAL-EL LOA	PICA-OLLAGÜE
10	TRINIDAD I	VIGENTE	INVERSIONES PUYEHUE LIMITADA	315	D.S. 07-07-2016 D. OFICIAL 23-09-2016	LOS LAGOS	OSORNO	PUYEHUE
11	TRINIDAD II	VIGENTE		243	D.S. 93 07-07-2016 D. OFICIAL 23-09-2016	LOS LAGOS	OSORNO	PUYEHUE

			INVERSIONES PUYEHUE LIMITADA					

Definiciones: <u>Concesión de Exploración:</u> La concesión de exploración confiere el derecho a realizar los estudios, mediciones y demás investigaciones tendientes a determinar la existencia de fuentes de recursos geotérmicos, sus características físicas y químicas, su extensión geográfica y sus aptitudes y condiciones para su aprovechamiento. <u>Concesión de Explotación:</u> La concesión de explotación confiere el derecho a utilizar y aprovechar la energía geotérmica que exista dentro de sus límites, incluyendo la realización de actividades de perforación, construcción, puesta en marcha y operación de una central geotérmica. <u>Concesión de Exploración Vencida con Derecho Exclusivo:</u> Es aquella concesión de exploración cuyo período de vigencia ya caducó, no obstante el titular posee un derecho exclusivo a que el Estado le otorgue la concesión de explotación sobre la respectiva área de exploración. Este derecho se puede ejercer hasta dos años después de vencida la concesión de exploración.
--

ANEXO C: MARCO REGULATORIO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN CHILE

Año 2000: Promulgación de la Ley de Concesiones Geotérmicas N° 19.657.

SOBRE CONCESIONES DE ENERGIA GEOTERMICA

Teniendo presente que el H. Congreso Nacional ha dado su aprobación al siguiente

Proyecto de ley:

TITULO I

Disposiciones generales

Artículo 1º.- Las normas de esta ley regularán:

- a) La energía geotérmica;
- b) Las concesiones y licitaciones para la exploración o la explotación de energía geotérmica;
- c) Las servidumbres que sea necesario constituir para la exploración o la explotación de la energía geotérmica;
- d) Las condiciones de seguridad que deban adoptarse en el desarrollo de las actividades geotérmicas;
- e) Las relaciones entre los concesionarios, el Estado, los dueños del terreno superficial, los titulares de pertenencias mineras y las partes de los contratos de operación petrolera o empresas autorizadas por ley para la exploración y explotación de hidrocarburos, y los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas, en todo lo relacionado con la exploración o la explotación de la energía geotérmica, y
- f) Las funciones del Estado relacionadas con la energía geotérmica.

Artículo 2º.- Las disposiciones de esta ley no se aplicarán a las aguas termales, minerales o no minerales, que se utilicen para fines sanitarios, turísticos o de esparcimiento.

La explotación y utilización de las aguas termales a que se refiere el inciso anterior se regirán por las disposiciones del decreto con fuerza de ley N° 237, de 1931, o por las normas generales o especiales que, en cada caso, fueren aplicables.

El ámbito de aplicación de esta ley abarcará el territorio continental, insular y antártico incluyendo las aguas interiores, mar territorial y zona económica exclusiva.

Artículo 3º.- Se entenderá por energía geotérmica aquella que se obtenga del calor natural de la tierra, que puede ser extraída del vapor, agua, gases, excluidos los hidrocarburos, o a través de fluidos inyectados artificialmente para este fin.

Artículo 4º.- La energía geotérmica, cualquiera sea el lugar, forma o condiciones en que se manifieste o exista, es un bien del Estado, susceptible de ser explorada y explotada, previo otorgamiento de una concesión, en la forma y con cumplimiento de los requisitos previstos en la ley.

Artículo 5º.- La concesión de energía geotérmica es un derecho real inmueble, distinto e independiente del dominio del predio superficial, aunque tengan un mismo dueño, oponible al Estado y a cualquier persona, transferible y transmisible, susceptible de todo acto o contrato.

El titular de una concesión de energía geotérmica tiene sobre la concesión un derecho de propiedad, protegido por la garantía contemplada en el artículo 19 de la Constitución Política y por las demás normas jurídicas que sean aplicables al mismo derecho.

Otorgada la concesión con arreglo a las disposiciones de esta ley, el concesionario tendrá derecho a conservarla y no podrá ser privado de ella sino por las causales de caducidad o extinción que se contemplan en la propia ley.

Se reputan inmuebles accesorios de la concesión las construcciones, instalaciones y demás objetos destinados permanentemente por su dueño a la investigación, exploración o explotación de la energía geotérmica, según el caso, que sean necesarios para la realización de las actividades inherentes a la concesión, siempre que se encuentren ubicados dentro de la zona de concesión.

Artículo 6º.- La concesión de energía geotérmica puede ser de exploración o de explotación. Cada vez que esta ley se refiere a la concesión de energía geotérmica, se entiende que comprende ambas especies de concesiones.

La exploración consiste en el conjunto de operaciones que tienen el objetivo de determinar la potencialidad de la energía geotérmica, considerando entre ellas la perforación y medición de pozos de gradiente y los pozos exploratorios profundos. En consecuencia, la concesión de exploración confiere el derecho a realizar los estudios, mediciones y demás investigaciones tendientes a determinar la existencia de fuentes de recursos geotérmicos, sus características físicas y químicas, su extensión geográfica y sus aptitudes y condiciones para su aprovechamiento.

La explotación consiste en el conjunto de actividades de perforación, construcción, puesta en marcha y operación de un sistema de extracción, producción y transformación

de fluidos geotérmicos en energía térmica o eléctrica. En consecuencia, la concesión de explotación confiere el derecho a utilizar y aprovechar la energía geotérmica que exista dentro de sus límites.

Artículo 7º.- La extensión territorial de la concesión de energía geotérmica configura un sólido cuya cara superior es, en el plano horizontal, un paralelogramo de ángulos rectos, en el que dos de sus lados tienen orientación U.T.M. norte sur, y cuya profundidad es indefinida dentro de los planos verticales que lo limitan.

Las dimensiones del largo y del ancho del paralelogramo deberán ser, para una concesión de exploración, múltiplos enteros de mil metros y, para una concesión de explotación, múltiplos enteros de cien metros.

En todo caso, entre el largo y el ancho del paralelogramo deberá existir una relación no superior de diez a uno.

La cara superior de cada concesión de exploración no podrá exceder de cien mil hectáreas, ni de veinte mil hectáreas en el caso de tratarse de una concesión de explotación.

El área de la concesión de energía geotérmica será establecida en el decreto que la constituya.

La concesión de energía geotérmica tiene por objeto la totalidad de dicha energía que exista dentro de sus límites.

Artículo 8º.- Corresponderá al Ministerio de Energía la aplicación, control y cumplimiento de esta ley y sus reglamentos, sin perjuicio de las atribuciones conferidas a los demás organismos señalados específicamente en sus disposiciones.

El Ministerio de Energía fiscalizará y supervisará el cumplimiento de las normas de esta ley y de los reglamentos que se dicten, y las obligaciones de los concesionarios que se estipulen en el decreto de concesión.

Artículo 9º.- La producción, el transporte, la distribución, el régimen de concesiones y de tarifas de la energía eléctrica derivada de la energía geotérmica y las funciones del Estado relacionadas con ella, se regirán, en lo que fuere pertinente, por las normas contenidas en el decreto con fuerza de ley N° 1, del Ministerio de Minería, del 22 de junio de 1982.

De las concesiones

Artículo 10.- Toda persona natural chilena y toda persona jurídica constituida en conformidad con las leyes chilenas tendrán derecho a solicitar una concesión de energía geotérmica y a participar en una licitación pública para el otorgamiento de tal concesión.

Artículo 11.- Las solicitudes de concesión de energía geotérmica que se presenten directamente o a través de llamados a licitación pública, deberán contener y acompañar, a lo menos, las siguientes menciones y antecedentes:

a) El nombre, la nacionalidad y el domicilio del solicitante, y, en su caso, también los de la persona que haga la solicitud en nombre de otra. Si se trata de personas naturales se indicará, además, su profesión u oficio y estado civil;

b) La ubicación, extensión y dimensiones del terreno respecto del cual se solicita la concesión y su plano, indicándose las coordenadas U.T.M. de sus vértices, con mención precisa de la región, provincia y comuna del mismo. Si el terreno de la concesión comprendiere más de una región, provincia o comuna, dicha mención deberá incluir a todas aquellas que resulten comprendidas, y

c) Los antecedentes generales, técnicos y económicos del proyecto de exploración o de explotación de energía geotérmica y las inversiones proyectadas para su ejecución.

Artículo 12.- El Ministerio de Energía podrá solicitar, de cualquier autoridad u órgano público, los informes que estime pertinentes para evitar o precaver conflictos de derechos o intereses entre el solicitante de una concesión de energía geotérmica y los titulares de otros derechos en el área pedida, o para una mejor resolución de la solicitud de concesión geotérmica.

Las autoridades cuyo informe se solicite deberán evacuarlo dentro del plazo de sesenta días corridos, contado desde la fecha en que hubieren recibido el requerimiento del Ministerio de Energía. Transcurrido aquél sin que se hubiere recibido el correspondiente informe, se entenderá que éste es favorable al otorgamiento de la concesión.

Artículo 13.- Un extracto de la solicitud de concesión de energía geotérmica deberá ser publicado en el Diario Oficial, por una sola vez, el 1º o 15 o al día siguiente hábil si cualquiera de ellos fuere feriado, del mes siguiente a la fecha de su presentación al Ministerio de Energía, mediante aviso destacado. El mismo aviso destacado deberá publicarse, por dos veces, en un diario de circulación nacional y en uno de circulación regional correspondiente a los territorios comprendidos en la solicitud de concesión, dentro del mes siguiente a la fecha de la presentación de la referida solicitud.

El extracto deberá contener la individualización del peticionario; el tipo de concesión que se solicita; la finalidad para la que se solicita la concesión, y la ubicación, extensión

y dimensiones del área que comprende.

En el caso de tratarse de sectores de difícil acceso, el extracto deberá comunicarse, además, por medio de tres mensajes radiales que lleguen al sector. Estos mensajes deberán emitirse dentro del mismo mes a que alude el inciso primero de este artículo. El representante legal del medio de comunicación, o quien éste designe, deberá dejar constancia de la emisión de los mensajes, con indicación de fecha y hora, en un registro cuyas características determinará el Reglamento. Este registro tendrá carácter público para quienes deseen consultarlo.

Artículo 14.- El titular de una concesión de exploración tendrá derecho exclusivo a que el Estado le otorgue la concesión de explotación sobre la respectiva área de exploración. Este derecho podrá ejercerse durante la vigencia de la concesión de exploración y hasta dos años después de vencida. El derecho establecido en este inciso será transferible a cualquier título.

En caso de tratarse de una solicitud de concesión de exploración, o de una solicitud de concesión de explotación respecto de la cual no proceda el derecho a que se refiere el inciso anterior, otras personas naturales o jurídicas podrán solicitar el otorgamiento de concesión sobre un terreno que comprenda la primitiva solicitud, dentro del plazo de cuarenta y cinco días corridos, contado desde la publicación en el Diario Oficial del extracto de dicha solicitud.

Artículo 15.- Transcurrido el plazo de cuarenta y cinco días indicado en el inciso segundo del artículo anterior sin que se hayan presentado otras solicitudes de concesión, el Ministerio de Energía resolverá, otorgándola o denegándola, a menos que se hubieren deducido reclamaciones u observaciones conforme con lo dispuesto en el artículo 18.

Si dentro del mismo plazo se presentaren otras solicitudes de concesión que comprendan parte o toda la extensión territorial ya solicitada, el Ministerio de Energía deberá convocar a licitación pública para otorgar una o más concesiones en el área de que se trate, dentro del término de noventa días, contado desde que haya expirado dicho plazo.

Sin perjuicio de lo señalado, el Ministerio de Energía podrá, en cualquier tiempo, convocar a licitación para el otorgamiento de una o más concesiones de energía geotérmica de fuente no probable.

Artículo 16.- Sin perjuicio de lo preceptuado en los artículos precedentes, y con excepción de lo dispuesto en el inciso primero del artículo 14, las concesiones de energía geotérmica que recaigan sobre una fuente probable deberán ser otorgadas por el Ministerio

de Energía siempre previa la convocatoria a una licitación pública. Esta convocatoria se efectuará de oficio o a petición de uno o más particulares.

En el caso que uno o más particulares soliciten una concesión de energía geotérmica de fuente probable, el Ministerio de Energía deberá convocar a licitación pública, dentro del plazo de noventa días, contado desde la fecha de presentación de la respectiva solicitud.

Para los efectos de esta ley, son fuentes probables de energía geotérmica los afloramientos espontáneos de aguas que contengan calor del interior de la tierra y el área geográfica circundante que no exceda de las superficies indicadas en el inciso cuarto del artículo 7º para una concesión de exploración o de explotación.

Las fuentes probables de energía geotérmica deberán ser identificadas en un reglamento especial que dictará el Ministerio de Energía dentro de un plazo de ciento veinte días, a contar de la fecha de publicación de la presente ley.

La identificación deberá contener la individualización de la región, provincia y comuna donde se ubique, las coordenadas U.T.M. de sus vértices y la superficie estimada que comprende la fuente, expresada en hectáreas.

Sin perjuicio de ello, para los efectos de esta ley, tendrán el carácter de fuentes probables de energía geotérmica, las siguientes: Jurasi, Untupujo, Chiriguaya, Surire, Polloquere, Enquelca, Berenguela, Quiritari, Puchuldiza, Chuzmiza, Pampa Lirima, Colpagua, Mamiña, Pica, Ascotán, El Tatio, Alitar, Aguas Calientes, Tilopozo y Tuyaito. El reglamento a que se refiere este artículo, deberá establecer el área geográfica que cada una de ellas comprende.

Artículo 17.- Las licitaciones que se convoquen por el Ministerio de Energía para los efectos de este Título, comprenderán dos etapas. La primera, de calificación técnica de los proponentes, y la segunda, de evaluación de las ofertas económicas. Todos los proponentes que hayan sido seleccionados en la primera fase de calificación técnica, tendrán derecho, en la segunda etapa, a formular ofertas, las que se resolverán sobre la base de los precios ofrecidos por la concesión.

Las personas naturales o jurídicas que deseen participar en las licitaciones a que convoque el Ministerio de Energía para el otorgamiento de una concesión de energía geotérmica, deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos:

a) Tener un patrimonio de a lo menos cinco mil unidades de fomento, en el caso de personas naturales, o un capital mínimo de diez mil unidades de fomento, en el caso de personas jurídicas, y

b) Acompañar los antecedentes generales, técnicos y económicos del proyecto de exploración o de explotación de energía geotérmica y la información sobre las inversiones proyectadas para su ejecución.

En las bases de la licitación podrá contemplarse la facultad del Ministerio de Energía de rechazar, con expresión de causa, todas las ofertas y declarar, en consecuencia, desierta la licitación.

La convocatoria a licitación deberá publicarse en la forma establecida en el artículo 13.

Para la resolución de la licitación en favor de un proponente, se procederá en conformidad al artículo 19

Artículo 18.- Sin perjuicio de las acciones judiciales que pudieren corresponderles, dentro del plazo de cuarenta y cinco días corridos, contado desde la publicación del extracto de la solicitud o de la publicación del aviso del llamado a licitación, los dueños de los terrenos superficiales, los dueños de concesiones mineras o de derechos de aprovechamiento de aguas, los titulares de derechos de exploración o de explotación de hidrocarburos líquidos o gaseosos, o de litio, o los titulares de derechos sobre extensiones territoriales cubiertas por la respectiva concesión de energía geotérmica podrán, mediante la presentación de los instrumentos y los antecedentes que acrediten su título, formular al Ministerio de Energía las reclamaciones y las observaciones de aquello que les cause perjuicio.

El Ministerio de Energía pondrá en conocimiento del peticionario las reclamaciones y observaciones opuestas, otorgándole un plazo de sesenta días corridos, contado desde la fecha de recepción de la comunicación, para que manifieste lo que estime conveniente a sus derechos. Transcurrido el plazo, con la respuesta del solicitante o sin ella, resolverá sobre la solicitud de concesión, si así correspondiere, dentro del término previsto en el artículo 19.

Si las reclamaciones u observaciones se hubieren opuesto con ocasión de una convocatoria a licitación pública para el otorgamiento de una concesión de energía geotérmica, el Ministerio de Energía deberá resolver lo pertinente en el plazo de sesenta días corridos, contado desde que venza el plazo indicado en el inciso primero. Si no se pronunciare dentro de dicho plazo, se entenderá que queda sin efecto el llamado a licitación.

En todo caso, el derecho a presentar las reclamaciones u observaciones a que se refiere el presente artículo, no podrá ejercitarse cuando la solicitud de concesión de explotación haya sido precedida por una concesión de exploración sobre todo o parte del mismo terreno.

Artículo 19.- Si no se hubieren deducido reclamaciones u observaciones, o si se hubieren resuelto las opuestas, el Ministerio de Energía, mediante decreto supremo, deberá pronunciarse sobre la solicitud de concesión o resolver la licitación convocada, según corresponda. Para ello tendrá un plazo de noventa días corridos que se contará, en el caso de una solicitud de concesión, desde la expiración del término de sesenta días establecido en el inciso segundo del artículo precedente y en el caso de licitación, desde que expire el plazo previsto en el inciso tercero de la misma disposición. Si no se hubiesen deducido observaciones o reclamaciones, el plazo de noventa días se contará desde que expire el plazo previsto en el inciso primero del artículo 15, tratándose de una solicitud de concesión, y desde la fecha de la apertura de las propuestas, en el caso de una licitación.

El decreto supremo que rechace una solicitud de concesión o el que declare desierta una licitación pública convocada para otorgar una concesión de energía geotérmica, deberá ser fundado.

Artículo 20.- El decreto de concesión de exploración deberá contener, como menciones esenciales, las siguientes: a) el plazo de la concesión; b) el titular a quien se confiere; c) la ubicación, con las coordenadas U.T.M. de sus vértices, y la extensión de la concesión, y d) los antecedentes generales, técnicos y económicos sobre el proyecto de exploración de energía geotérmica y las inversiones proyectadas para su ejecución.

El decreto de concesión de explotación deberá contener, como menciones esenciales, las siguientes: a) el titular a quien se confiere; b) la ubicación, con las coordenadas U.T.M. de sus vértices, y la extensión de la concesión, y c) las inversiones proyectadas.

Copia de los decretos deberá ser remitida al Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, el que deberá llevar un catastro de las concesiones otorgadas y sus ubicaciones geográficas determinadas en coordenadas U.T.M.

En casos calificados, y a solicitud del concesionario de exploración o de explotación, el Ministerio de Energía podrá modificar las condiciones de la concesión, dictando, al efecto, un nuevo decreto.

Artículo 21.- La concesión de energía geotérmica entrará en vigencia en la fecha de publicación en el Diario Oficial del decreto supremo que la otorgue.

T I T U L O III

De los derechos del concesionario

Artículo 22.- Sólo el concesionario de exploración o de explotación, según el caso, tendrá la facultad de desarrollar actividades de exploración o de explotación,

respectivamente, de la energía geotérmica que se encuentre dentro del área de la concesión respectiva.

No podrá otorgarse una concesión de energía geotérmica respecto de terrenos que se encuentren comprendidos en otra concesión de energía geotérmica, sobre cuya existencia deberá, previamente, pedirse informe al Servicio Nacional de Geología y Minería.

Artículo 23.- Sin perjuicio de los recursos y acciones que les franquee la ley, el solicitante de una concesión de energía geotérmica y los proponentes de una licitación convocada para la adjudicación de una de dichas concesiones, podrán reclamar, ante el Ministro de Energía, de cualquier acto o hecho que afectare sus derechos y que se produzca durante la tramitación de la solicitud o licitación. Asimismo, podrán impugnar ante la referida autoridad, el rechazo de la solicitud de concesión o la decisión recaída en la licitación. El plazo para deducir el reclamo será de quince días corridos, a contar de la fecha en que se tuvo conocimiento del acto o hecho que motiva el reclamo.

El Ministro resolverá, previo informe fundado de una Comisión. Dicha Comisión estará integrada por el Subsecretario de la Cartera, el Jefe de la División Jurídica del Ministerio de Energía y el Director Nacional de Geología y Minería.

Dicho informe fundado, deberá evacuarse en un plazo máximo de diez días corridos, salvo que se requieran informes adicionales para resolver, de lo cual deberá dejarse constancia en el expediente de reclamo. En este caso, el plazo se ampliará hasta por el máximo de diez días adicionales.

La interposición del reclamo, en su caso, suspenderá los plazos a que se refiere el artículo 19 para resolver sobre la solicitud de concesión o sobre la licitación a que se haya convocado para otorgarla.

Los reclamos a que se refiere este artículo, presentados con posterioridad a la fecha de total tramitación del decreto supremo que otorga la concesión, serán rechazados de plano.

Artículo 24.- Las concesiones de energía geotérmica podrán ser transferidas a terceros, total o parcialmente. La transferencia deberá efectuarse mediante escritura pública.

Otorgada que sea la escritura pública de transferencia, el nuevo concesionario se subrogará al concesionario anterior, por el solo ministerio de la ley, en las obligaciones y derechos de la concesión.

La concesión de energía geotérmica y las maquinarias y demás bienes muebles destinados a su ejecución o desarrollo son susceptibles de otorgarse como caución.

Artículo 25.- Las concesiones serán transmisibles por causa de muerte. Los herederos deberán comunicar al Ministerio de Energía, meramente para efectos de registro, el

fallecimiento del causante, titular de la concesión, dentro del término de sesenta días corridos, contados desde el fallecimiento. Dentro del mismo plazo, se señalará el nombre de quien será su representante ante el Ministerio y la intención de continuar o cesar en el ejercicio de sus derechos.

Artículo 26.- Desde la fecha de entrada en vigencia de la concesión de energía geotérmica y con el fin de facilitar la exploración o explotación, según el caso, los predios superficiales donde se encuentre ubicada la extensión territorial cubierta por la concesión estarán sujetos a las siguientes servidumbres:

1º.- La de ser ocupados, en toda la extensión necesaria, por obras y por instalaciones de exploración y de explotación de energía geotérmica; por sistemas de comunicación, y por cañerías, construcciones y demás obras complementarias;

2º.- Las establecidas en beneficio de las empresas concesionarias de servicios eléctricos, de acuerdo con la legislación respectiva, y

3º.- La de tránsito y la de ser ocupados por caminos, ferrocarriles, cañerías, túneles, planos inclinados, andariveles, cintas transportadoras y todo otro sistema que sirva para unir la concesión con caminos públicos, estaciones de ferrocarril, puertos, aeródromos, establecimientos de producción comercial o industrial de la energía geotérmica y centros de consumo de la misma.

Si las servidumbres afectaren casas y sus dependencias o terrenos plantados de vides o árboles frutales, ellas sólo podrán ser constituidas con acuerdo del dueño del predio superficial.

La constitución de la servidumbre, su ejercicio y las indemnizaciones correspondientes por todo perjuicio que se cause al dueño de los terrenos o a cualquier otra persona, se determinarán por acuerdo entre los interesados que conste en escritura pública, o por resolución judicial, dictada en conformidad al procedimiento sumario. Con todo, iniciado el juicio sumario, podrá pedirse y decretarse su continuación conforme a las reglas del procedimiento ordinario, si existen motivos fundados para ello. La solicitud en que se pida la sustitución del procedimiento se tramitará como incidente. Será aplicable a este procedimiento lo dispuesto en el artículo 125 del Código de Minería.

Para que las servidumbres de que trata este artículo sean oponibles a terceros, deberán inscribirse en el Registro de Hipotecas y Gravámenes del Conservador de Bienes Raíces.

Dichas servidumbres no podrán aprovecharse para fines distintos de aquellos propios de la respectiva concesión y para los cuales hayan sido constituidas, y cesarán cuando termine ese aprovechamiento.

Artículo 27.- El titular de la concesión de energía geotérmica tiene, por el solo ministerio de la ley, y en la medida necesaria para el ejercicio de la concesión, el derecho de aprovechamiento, consuntivo y de ejercicio continuo, de las aguas subterráneas alumbradas en los trabajos de exploración o de explotación. Este derecho de aprovechamiento es inherente a la concesión de energía geotérmica y se extinguirá con ésta.

Dentro del plazo de seis meses, contado desde el alumbramiento de las aguas subterráneas, el concesionario de energía geotérmica deberá informar a la Dirección General de Aguas, respecto de la ubicación del punto de captación, de las características técnicas de la extracción y de los caudales extraídos.

Una vez terminada la utilización geotérmica de las aguas referidas en el inciso primero de este artículo, el titular de la concesión de energía geotérmica será dueño del respectivo derecho de aprovechamiento y podrá disponer de las aguas, mientras la concesión de energía geotérmica se mantenga vigente. La misma disposición se aplicará a los demás fluidos geotérmicos.

Las aguas que provengan del ejercicio de la concesión de energía geotérmica, a que se refieren los incisos primero y tercero, una vez abandonadas a un cauce natural, estarán sujetas a las disposiciones del Código de Aguas y, en su caso, a las normas que regulan el vertimiento de materias contaminantes a dichos cauces.

Para la utilización de aguas distintas a las referidas en el inciso primero de este artículo, se estará a lo dispuesto en el Código de Aguas y demás normativa aplicable.

Artículo 28.- En terrenos comprendidos en una concesión de energía geotérmica, podrán constituirse concesiones mineras, derechos de aprovechamiento de aguas u otorgarse permisos de exploración de aguas subterráneas. También podrán otorgarse concesiones administrativas o celebrarse contratos especiales de operación en el caso de sustancias no susceptibles de concesión minera, conforme con el artículo 7° del Código de Minería. Asimismo, el Estado o sus empresas podrán explorar o explotar tales sustancias en terrenos comprendidos en una concesión geotérmica.

Si las actividades de las concesiones mineras, de exploración de aguas subterráneas o de derechos de aprovechamiento de aguas, de concesiones administrativas o contratos especiales de operación, que se hayan iniciado con posterioridad a la constitución de la concesión geotérmica, afectaren su ejercicio, los titulares de ellas deberán realizar, a su exclusivo cargo, las obras necesarias para subsanar las dificultades o bien indemnizar por el daño patrimonial que efectivamente le causen al titular de la concesión geotérmica.

En los predios donde existan concesiones mineras o se hayan constituido derechos de aprovechamiento de aguas, o bien en los casos de sustancias no susceptibles de concesión

minera, conforme a lo dispuesto en el artículo 7º del Código de Minería o en que se hayan otorgado concesiones administrativas o celebrado contratos especiales de operación, podrán constituirse concesiones de energía geotérmica. Si las actividades propias de las concesiones de energía geotérmica afectan el ejercicio de tales concesiones mineras o contratos especiales de operación o concesiones administrativas de sustancias no concesibles o derechos de aprovechamiento de aguas, el titular de la concesión de energía geotérmica deberá realizar, a su exclusivo cargo, las obras necesarias para subsanar las dificultades, o bien indemnizar por el daño patrimonial que efectivamente cause a los titulares de aquellas concesiones, derechos de aprovechamiento de aguas, concesiones administrativas o contratos especiales de operación.

Artículo 29.- Si, con motivo de la explotación de la energía geotérmica, se detectare la existencia de una sustancia concesible que fuere objeto de pertenencia minera, cuya extracción o recuperación se obtuviere como consecuencia de la explotación de la energía geotérmica, el titular de la concesión de explotación de energía geotérmica deberá comunicar este hecho al dueño de la pertenencia minera, quien podrá exigir su entrega, siempre que pague previamente al titular de la concesión geotérmica los gastos y las inversiones en modificaciones y obras complementarias en que tenga que incurrir para efectuar la extracción, recuperación y su entrega, caso en el cual también pagará las indemnizaciones de los perjuicios que se ocasionaren con motivo de la realización de estas modificaciones y obras complementarias. Estas últimas obras serán de propiedad del dueño de la pertenencia minera. Con todo, si el titular de la pertenencia minera se niega a recibir dichas sustancias, el titular de la concesión geotérmica las hará suyas.

La misma norma se aplicará, en lo pertinente, al Estado respecto de las sustancias no concesibles.

Artículo 30.- Las dificultades que se susciten entre dos o más titulares con ocasión de lo dispuesto en los artículos 27 y 28 o con motivo de sus respectivas labores, serán sometidas a la decisión de un árbitro de los mencionados en el artículo 223, inciso final, del Código Orgánico de Tribunales.

Artículo 31.- El titular de la concesión de energía geotérmica puede defender su concesión por todos los medios que franquea la ley, tanto respecto del Estado como de particulares, ejerciendo para tal efecto las acciones que procedan, tales como la reivindicatoria o las posesorias, y recabar, además, las indemnizaciones pertinentes.

El concesionario puede impetrar del juez competente las medidas cautelares, judiciales o prejudiciales, destinadas a la conservación y defensa de su concesión.

TITULO IV

De las obligaciones del concesionario

Artículo 32.- La concesión de explotación de energía geotérmica será amparada mediante el cumplimiento de las obligaciones establecidas para el concesionario en el decreto de concesión y el pago de una patente anual, a beneficio fiscal. Esta patente será equivalente a un décimo de unidad tributaria mensual por cada hectárea completa de extensión territorial comprendida por la concesión.

El pago de la patente será anticipado y se efectuará en el curso del mes de marzo de cada año, en cualquier banco o institución autorizada para recaudar tributos.

Vencido el plazo indicado en el inciso anterior, el pago de la patente tendrá un recargo del 10% de su valor más un 5% adicional por cada mes de atraso.

El monto de la primera patente será proporcional al tiempo que medie entre la fecha de otorgamiento de la concesión de explotación y el último día del mes de febrero siguiente. Una vez pagada la primera patente, se deberá seguir pagando anualmente, en la oportunidad y forma prescritas en el inciso segundo.

No procederá la devolución de las patentes pagadas por concesiones que posteriormente caduquen, se extingan o se renuncien total o parcialmente, por cualquier causa.

Artículo 33.- Una cantidad igual al producto de las patentes a que se refiere el artículo anterior será distribuida entre las regiones y comunas del país, en la forma que a continuación se indica:

a) El 70% de dicha cantidad se incorporará proporcionalmente en la cuota del Fondo Nacional de Desarrollo Regional, que anualmente le corresponda, en el Presupuesto Nacional, a la o a las regiones en cuyos territorios esté situada la concesión.

b) El 30% restante corresponderá a las municipalidades de las comunas en que estén situadas las concesiones de explotación de energía geotérmica.

En el caso de que una concesión de energía geotérmica se encuentre situada en el territorio de dos o más regiones o de dos o más comunas, el Servicio Nacional de Geología y Minería determinará la proporción que le corresponderá a cada una de ellas, dividiendo su monto a prorrata de la superficie de cada región o comuna comprendida en la concesión.

El Servicio de Tesorerías pondrá a disposición de las regiones y municipalidades que correspondan los recursos a que se refiere este artículo, dentro del mes subsiguiente al de su recaudación.

Artículo 34.- La Tesorería General de la República informará, en el mes de abril de cada año, al Ministerio de Energía respecto de las patentes de explotación geotérmica que se encuentren impagas, para los efectos de lo dispuesto en el artículo 39.

TITULO V

De la exploración y explotación por los concesionarios de la energía geotérmica

Artículo 35.- El concesionario de exploración, anualmente, en el mes de marzo, y durante toda la vigencia de la concesión, deberá informar al Ministerio de Energía el avance verificado durante el año calendario precedente en la ejecución del proyecto presentado conforme al artículo 11.

Artículo 36.- El período de vigencia de la concesión de exploración de energía geotérmica tendrá una duración de dos años, contado desde la fecha en que haya entrado en vigencia el decreto de concesión.

No obstante, el concesionario, antes de los últimos seis meses del período establecido en el inciso anterior, podrá solicitar del Ministerio de Energía, por una sola vez, su prórroga por un período de dos años, contado desde el término del primero, acreditando un avance no inferior al 25% en la materialización de las inversiones indicadas en la letra c) del artículo 11. El Ministerio de Energía otorgará la prórroga o la denegará fundadamente, lo que pondrá en conocimiento del concesionario mediante comunicación escrita y fundada, dirigida a éste dentro de un plazo que no podrá exceder de tres meses, contado desde la fecha de la solicitud de prórroga. Esta misma comunicación deberá ser enviada al Servicio Nacional de Geología y Minería.

Artículo 37.- El concesionario de explotación deberá informar al Ministerio de Energía, en el curso del mes de marzo de cada año, sobre las labores de explotación comercial o industrial efectuadas durante el año calendario precedente.

Artículo 38.- En el caso de que dos o más concesiones de explotación aprovechen un mismo reservorio de fluidos geotérmicos, los respectivos concesionarios deberán acordar los procedimientos técnicos de la explotación común. En caso de desacuerdo, tales procedimientos serán determinados por un árbitro arbitrador, a solicitud de cualquiera de ellos, el que deberá resolver cuidando la óptima explotación del recurso y el resguardo de los derechos de los concesionarios.

TÍTULO VI

De la extinción de las concesiones de energía geotérmica

Artículo 39.- La concesión geotérmica de explotación caducará irrevocablemente, y por el solo ministerio de la ley, si el concesionario dejare de pagar dos patentes consecutivas. Esta caducidad se producirá a las doce de la noche del 31 de marzo del año en que se incurra en la mora del segundo pago.

El Ministerio de Energía comunicará esta circunstancia al Servicio Nacional de Geología y Minería.

Artículo 40.- El juez de letras en cuyo territorio jurisdiccional esté ubicada la concesión de energía geotérmica, o cualquiera de ellos, si fueren varios, será competente para declarar extinguida la concesión de explotación, a solicitud del Ministerio de Energía, si el concesionario, aun habiendo pagado patente, no desarrollare las actividades de explotación de su concesión, pudiendo hacerlo en condiciones razonables de rentabilidad, con el fin de obtener utilidades o ventajas adicionales mediante la explotación de otras fuentes energéticas.

El juez conocerá y resolverá esta solicitud con arreglo al procedimiento contemplado en el Título XI del Libro III del Código de Procedimiento Civil.

La sentencia judicial que declare extinguida la concesión deberá publicarse, en extracto, en el Diario Oficial. El juez dispondrá esta publicación con cargo al Ministerio de Energía.

Artículo 41.- La concesión de energía geotérmica es renunciable parcial o totalmente, mediante escritura pública otorgada por el concesionario. Una copia autorizada de dicho instrumento deberá ser entregada al Ministerio de Energía dentro del plazo de un mes, contado desde la fecha de su otorgamiento. El no cumplimiento oportuno de esta obligación hará inoponible la renuncia para el solo efecto de hacer exigibles las obligaciones pecuniarias del concesionario.

En el evento de renuncia parcial a la concesión, el pago de la patente anual a que esté obligado el concesionario se reducirá en el monto proporcional correspondiente, a contar del año siguiente al de la renuncia.

Artículo 42.- En el evento de caducidad, extinción o renuncia de la concesión de energía geotérmica, el concesionario tendrá derecho a retirar los equipos, instalaciones y obras que le pertenezcan, dentro del término de un año, contado desde la fecha de la caducidad o renuncia, o desde la fecha de notificación de la extinción de la concesión,

salvo que antes del vencimiento de dicho plazo solicitare una prórroga del mismo, ampliación que sólo podrá otorgarse por una vez y por un término de hasta un año.

En el evento de que los equipos, instalaciones y obras no hubiesen sido retirados en el plazo establecido en el inciso anterior, se entenderán abandonados por el dueño.

T I T U L O VII

Disposiciones finales

Artículo 43.- Toda infracción de las disposiciones de esta ley que no esté expresamente sancionada, será castigada con una multa, a beneficio fiscal, de entre cinco y cien unidades tributarias mensuales. El Ministerio de Energía aplicará administrativamente la multa, y su resolución tendrá mérito ejecutivo.

El afectado podrá reclamar ante la justicia ordinaria en contra de las multas que le imponga el Ministerio. El reclamo deberá interponerse dentro del plazo de treinta días, contado desde la fecha de remisión de la carta certificada en la cual se le notifique su aplicación. La justicia conocerá del reclamo breve y sumariamente.

Artículo 44.- El que sustrajere energía geotérmica a un concesionario incurrirá, cualquiera sea el valor de la sustracción, en las penas previstas en el número 1° del artículo 446 del Código Penal. En caso de reincidencia, se procederá en conformidad con lo previsto en el artículo 451 del mencionado Código.

Artículo 45.- Agregase al inciso tercero del artículo 2° de la ley N° 9.618, Orgánica de la Empresa Nacional del Petróleo, a continuación del punto aparte (.), que pasa a ser punto seguido (.), lo siguiente:

"Finalmente, la Empresa podrá participar, a través de sociedades en que tenga una participación inferior al 50% del capital social, en actividades relacionadas con la energía geotérmica, pudiendo, para esos efectos, formular solicitudes de concesión, participar en licitaciones, prestar toda clase de servicios a los concesionarios para la ejecución de las labores de exploración y de explotación de energía geotérmica, y, en general, desarrollar todas las actividades industriales y comerciales que tengan relación con la exploración y la explotación de esa energía. Tales sociedades podrán también tener por objeto el aprovechamiento de las aguas subterráneas alumbradas en las labores de exploración y explotación geotérmica. “.

Artículo transitorio.- Las personas naturales o jurídicas que acrediten actividades de investigación o exploración geotérmica, realizadas con anterioridad a la vigencia de esta

ley, que recaigan sobre un área geográfica determinada, tendrán derecho exclusivo, por el lapso de un año, contado desde la publicación de esta ley, para solicitar al Ministerio de Energía el otorgamiento de una concesión de energía geotérmica. “.

Habiéndose cumplido con lo establecido en el N° 1° del Artículo 82 de la Constitución Política de la República y por cuanto he tenido a bien aprobarlo y sancionarlo; por tanto, promúlguese y llévese a efecto como Ley de la República.

Santiago, 21 de diciembre de 1999.- EDUARDO FREI RUIZ-TAGLE, Presidente de la República.- Sergio Jiménez Moraga, Ministro de Minería.

Lo que transcribo a Ud. para su conocimiento.- Saluda atentamente a Ud., César Díaz-Muñoz Cormatches, Subsecretario de Minería.

Proyecto de ley sobre concesiones de energía geotérmica

El Secretario del Tribunal Constitucional, quien suscribe, certifica que la Honorable Cámara de Diputados envió el proyecto de ley enunciado en el rubro, aprobado por el Congreso Nacional, a fin de que este Tribunal ejerciera el control de la constitucionalidad respecto de los artículos 30, 31, 38, 40 y 43 -inciso segundo-, del mismo, y que, por sentencia de 9 de diciembre de 1999, declaró que los artículos 30, 31, 38, 40 y 43 del proyecto remitido son constitucionales.

Santiago, diciembre 10 de 1999.- Rafael Larraín Cruz, Secretario

Año 2013: Aprobación Ley N° 20.698 (20/25)

LEY NÚM. 20.698

PROPICIA LA AMPLIACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA, MEDIANTE
FUENTES RENOVABLES NO CONVENCIONALES

Teniendo presente que el H. Congreso Nacional ha dado su aprobación al siguiente proyecto de ley iniciado en una Moción de los Honorables Senadores señor Jaime OrpisBouchon, señoras Isabel Allende Bussi y Ximena Rincón González, y señores José Antonio Gómez Urrutia y Antonio Horvath Kiss.

Proyecto de ley:

"Artículo 1º.- Introdúcense, en el decreto con fuerza de ley N° 4, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, de 2007, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del decreto con fuerza de ley N° 1, del Ministerio de Minería, de 1982, que contiene la Ley General de Servicios Eléctricos, las siguientes modificaciones:

1) En el artículo 150 bis:

a) Reemplazase, en el inciso primero, el guarismo "10%" por "20%".

b) Agregase, en el inciso sexto, la siguiente oración final: "Asimismo, las señaladas Direcciones de Peajes llevarán un registro público de todas las transferencias y valores de los certificados de energías renovables no convencionales emitidos por dicha Dirección."

2) Incorporase el siguiente artículo 150 ter:

"Artículo 150 ter.- Para dar cumplimiento a parte de la obligación establecida en el inciso primero del artículo anterior, el Ministerio de Energía deberá efectuar licitaciones públicas anuales, para la provisión de bloques anuales de energía provenientes de medios de generación de energía renovable no convencional. Para estos efectos, el Ministerio de Energía efectuará hasta dos licitaciones por año en caso que el bloque licitado no sea cubierto en su totalidad.

Cada licitación se realizará para dar cobertura total a aquella parte de la obligación señalada en el inciso primero del artículo anterior, que no sea cubierta con la inyección de energía proveniente de proyectos de energías renovables no convencionales en operación, en construcción o bloques de energía adjudicados, al momento de iniciarse el proceso de licitación, respecto de la cuota exigible al tercer año posterior a ésta, el que será considerado para los efectos de este artículo como el año de inicio. Con todo, el Ministerio de Energía no estará obligado a efectuar las referidas licitaciones cuando la obligación señalada se encuentra cumplida.

Los bloques adjudicados se destinarán a dar cumplimiento, en todo o parte, a la obligación señalada en el inciso primero del artículo anterior, por lo que las empresas eléctricas que efectúen retiros del sistema podrán acreditar su cumplimiento mediante los certificados emitidos producto de la inyección de energía licitada y efectivamente inyectada, a prorrata de sus retiros.

Sin perjuicio de lo señalado, en caso que los bloques adjudicados no cubran en su totalidad lo indicado en las bases de licitación, o bien la licitación se declare desierta, el

cumplimiento de la obligación respecto de dicho bloque se postergará para el año siguiente al de inicio.

El bloque de energía a licitar se indicará en las bases de licitación correspondientes, sin que pueda superar la cuota de energía proveniente de medios de generación de energías renovables no convencionales establecida en la ley. Para estos efectos, el Ministerio de Energía solicitará a la Comisión un informe técnico que establezca el bloque de energía renovable no convencional a licitar, y para ello considerará el informe técnico definitivo de precios de nudo vigente al momento de publicación de las bases de licitación correspondientes.

El período de vigencia de las inyecciones de energía licitadas, el bloque de energía anual a licitar y los precios adjudicados regirán por diez años consecutivos, contados desde la fecha de inicio de inyección de energía, conforme lo determinen las bases de licitación correspondientes.

Las bases de licitación serán elaboradas por el Ministerio de Energía. Un reglamento determinará el contenido mínimo de las bases de licitación, el que también establecerá, entre otros, los criterios de evaluación de las ofertas y de selección del o los adjudicatarios, la información que se solicitará a las empresas eléctricas que corresponda y todas las demás materias necesarias para la debida ejecución de este artículo.

Sin perjuicio de lo anterior, las bases de la primera licitación de cada proceso serán publicadas dentro del primer semestre del período correspondiente y, a lo menos, deberán especificar las condiciones de licitación, la información técnica y comercial que deberá entregar cada participante, las garantías, los plazos y las condiciones para postular, la forma en que se deben presentar las ofertas y los mecanismos para caucionar el cumplimiento de sus obligaciones.

Se podrán realizar procesos de licitación separados e independientes para cada sistema eléctrico con capacidad instalada superior a 200 Megawatts respecto de los cuales deba cumplirse la obligación señalada en el inciso primero del artículo anterior.

Podrán participar de los procesos de licitación todos aquellos proyectos que, al momento de publicarse las bases, no se encuentren interconectados al sistema eléctrico respectivo.

Los proponentes que presenten ofertas en los respectivos procesos de licitación deberán señalar en su propuesta el compromiso de inyección de energía renovable no convencional que realizarán anualmente, indicando el compromiso de inyección mensual para dar cumplimiento al mencionado compromiso anual.

Adicionalmente, los proponentes deberán, a lo menos, cumplir con lo siguiente, conforme a las disposiciones de las bases correspondientes:

(i) Acreditar que los proyectos de medios de generación renovables no convencionales de que son titulares cuentan con una resolución de calificación ambiental favorable, si correspondiere, conforme a la normativa vigente.

(ii) Acreditar que los proyectos de medios de generación renovables no convencionales de los que son titulares, y que participen en la licitación, tienen un capital suscrito, o bien cuentan con compromisos formales de aporte de capital, igual o superior al 20% del total requerido para construir y poner en operación el proyecto respectivo.

(iii) Acreditar que son propietarios, usufructuarios, arrendatarios, concesionarios o titulares de servidumbres sobre los terrenos en los cuales se ubiquen o construyan el o los medios de generación de energías renovables no convencionales, toda o parte de cuya producción sea ofertada en la licitación; que han solicitado la respectiva concesión, o bien que cuentan con un contrato de promesa relativo a la tenencia, uso, goce o disposición del inmueble que lo habilite para desarrollar el proyecto.

(iv) Entregar una caución por seriedad de la oferta.

(v) Entregar una caución para garantizar la materialización efectiva del proyecto, de acuerdo a las características técnicas de la propuesta presentada.

La adjudicación se efectuará tomando en consideración los volúmenes de energía ofertada y los precios unitarios asociados a ellos, debiendo adjudicarse las ofertas con menores precios.

En el caso que haya ofertas en más de un punto de inyección, la comparación entre los precios ofertados se hará refiriendo todos los precios a un punto particular del sistema. Para ello, se considerarán los precios de energía ofertados corregidos por los factores de penalización de energía del sistema correspondiente, señalados en el informe técnico definitivo de precios de nudo más reciente, vigente a la fecha de publicación de las bases de licitación, o el mecanismo que establezca el reglamento.

Con todo, en las bases de licitación correspondientes se establecerá un precio máximo para la energía igual al costo medio de desarrollo de largo plazo de generación de un proyecto de expansión eficiente en el sistema correspondiente, cuyo valor actual neto es

igual a cero. Para ello se considerará lo consignado en el informe técnico definitivo de precio de nudo, y que podrá incrementarse en hasta un 10% adicional.

A cualquier proponente le podrá ser adjudicada la totalidad o un monto parcial del o los bloques de energía que haya ofertado.

El precio de energía que percibirán aquellos adjudicatarios en los procesos de licitación corresponderá al que cada participante haya indicado en su propuesta, e incluirá tanto el valor de la energía como el del certificado emitido por la Dirección de Peajes correspondiente de la energía proveniente de medios de generación renovables no convencionales. Junto con ofertar un precio para el mes inicial, los proponentes podrán incluir un mecanismo de indexación, el que deberá ajustarse a lo que las bases indiquen.

Para estos efectos, cada Dirección de Peajes realizará una liquidación mensual del balance de energía renovable no convencional inyectada, considerando el promedio mensual de los costos marginales instantáneos en el punto de inyección y el precio licitado. En caso que el balance arroje que el ingreso producto de la energía inyectada, valorizada al costo marginal promedio, sea mayor al ingreso por la energía inyectada valorizada al precio licitado, las empresas eléctricas que efectúen retiros del sistema recibirán la diferencia, a prorrata de sus retiros, hasta un valor máximo de 0,4 UTM por MWh, percibiendo el exceso de dicha cifra el respectivo generador renovable no convencional.

Por su parte, en caso que el ingreso por la energía inyectada, valorizada al promedio mensual de los costos marginales, sea inferior al ingreso por la energía inyectada valorizada al precio licitado, las empresas eléctricas que efectúen retiros del sistema deberán pagar la diferencia, a prorrata de sus retiros, hasta un valor máximo de 0,4 UTM por MWh. En caso que la energía mensual efectivamente inyectada por un proponente que se haya adjudicado la licitación sea mayor o igual al bloque mensual comprometido, el excedente de energía se valorizará a costo marginal instantáneo de cada sistema eléctrico, en concordancia con lo señalado en el inciso primero del artículo 119 de la presente ley. El adjudicatario recibirá un monto igual a la valorización del bloque comprometido de acuerdo a las condiciones ofertadas más un monto correspondiente al excedente de energía, valorizada en la forma indicada precedentemente. Al mismo tiempo, el adjudicatario recibirá los certificados de energías renovables no convencionales emitidos por dicha Dirección correspondientes a la inyección del mencionado excedente de energía.

La energía inyectada mensualmente correspondiente a bloques adjudicados y comprometidos en alguna de las licitaciones a las que se refiere este artículo se empleará para el cumplimiento de la obligación señalada en el inciso primero del artículo anterior. Para ello, cada mes se asignará esta energía a todas las empresas que realicen retiros, a prorrata de los montos de energía retirados en el mes por cada una de ellas.

Las valorizaciones de energía mencionadas, así como la determinación de transferencias monetarias, serán realizadas por la Dirección de Peajes que corresponda."

3) Agregase el siguiente artículo 174 bis:

"Artículo 174 bis.- Los planes de expansión de las instalaciones de generación de cada sistema mediano deberán contemplar proyectos de medios de generación renovables no convencionales, los que deberán priorizarse en relación a otras fuentes de energía primaria considerando una expansión eficiente del sistema."

Artículo 2º.- Sustituyese el inciso cuarto del artículo 1º transitorio de la ley N° 20.257, por el siguiente:

"Con todo, la obligación aludida en el inciso primero será del 5% para los años 2010 a 2014, aumentándose en el 0,5% anual a partir del año 2015. Este aumento progresivo se aplicará de tal manera que los retiros afectos a la obligación al año 2015 deberán cumplir con el 5,5%, los del año 2016 con el 6% y así sucesivamente hasta alcanzar el año 2024 el 10%, para los contratos celebrados con posterioridad al 31 agosto de 2007 y con anterioridad al 1 de julio de 2013. Para los contratos firmados con posterioridad al 1 de julio de 2013, la obligación aludida será del 5% al año 2013, con incrementos del 1% a partir del año 2014 hasta llegar al 12% el año 2020, e incrementos del 1,5% a partir del año 2021 hasta llegar al 18% el año 2024, y un incremento del 2% al año 2025 para llegar al 20% el año 2025. El mecanismo de licitación será aplicable a contar del año 2015. En caso que el reglamento no se encuentre vigente para dicho período, la licitación comenzará a regir a contar del año siguiente y así sucesivamente. Para el período en que no hubiese comenzado a regir el mecanismo de licitación, la obligación será íntegramente exigible para las empresas eléctricas que efectúen retiros."

Artículo transitorio.- Dentro del plazo de noventa días, contado desde la publicación de la presente ley en el Diario Oficial, se dictará un reglamento que establezca las condiciones del procedimiento de licitación que regula el artículo 150 ter de la Ley

General de Servicios Eléctricos, y las demás normas necesarias para su implementación eficaz."

Y por cuanto he tenido a bien aprobarlo y sancionarlo; por tanto promúlguese y llévese a efecto como Ley de la República.

Santiago, 14 de octubre de 2013.- SEBASTIÁN PIÑERA ECHENIQUE, Presidente de la República.- Jorge Bunster Betteley, Ministro de Energía.

Lo que transcribo a Ud. para su conocimiento.- Saluda Atte. A Ud., Jefe de Gabinete Ministro de Energía.