

UCH-FC
Q. Ambiental
A 553
C 1



UNIVERSIDAD DE CHILE -FACULTAD DE CIENCIAS -ESCUELA DE PREGRADO

DIVERSIFICACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA EN CHILE, ¿ES LA GEOTERMIA
UNA ALTERNATIVA FRENTE AL CARBÓN Y EL PETRÓLEO?

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los
requisitos para optar al Título de Químico Ambiental

CAMILO ANDRÉS ANDRADE AYALA



Director del Seminario de Título: Gustavo Salinas Hernández

Profesor Patrocinante: Dr. Fernando Mendizábal E.

Julio - 2016

Santiago, Chile

ESCUELA DE PREGRADO -FACULTAD DE CIENCIAS -UNIVERSIDAD DE CHILE



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por el (la) candidato (a):

CAMILO ANDRÉS ANDRADE AYALA

“DIVERSIFICACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA EN CHILE, ¿ES LA GEOTERMIA UNA ALTERNATIVA FRENTE AL CARBÓN Y EL PETRÓLEO?”

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico Ambiental

COMISIÓN DE EVALUACIÓN

Gustavo Salinas Hernández

Director Seminario de Título

Dr. Fernando Mendizábal E.

Profesor Patrocinante

M Cs. Julio Hidalgo

Presidente

Prof. Víctor Vargas

Corrector

Firma manuscrita en azul de Gustavo Salinas Hernández.
Firma manuscrita en azul de Fernando Mendizábal E.
Firma manuscrita en azul de Julio Hidalgo.
Firma manuscrita en azul de Víctor Vargas.
Señal circular de la Biblioteca Central de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.

Santiago de Chile, Julio 2016

AGRADECIMIENTOS

*El apoyo incondicional de la familia.
El recordatorio constante de los amigos.
La paciencia inagotable de los profesores.
La excelente gestión de la secretaria.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes Generales.....	1
1.1.1. Que es la geotermia y porque se considera una energía renovable.....	1
1.1.2. Utilización y aplicación de la geotermia.....	3
1.1.3. Tipos de plantas o centrales geotérmicas.....	5
1.2. Antecedentes Específicos.....	8
1.2.1. Problemas ambientales asociados a la generación geotérmica	8
1.2.2. Situación actual de la Energía Geotérmica en Chile.....	12
1.2.2.1. Proyectos en ejecución.....	12
1.2.2.2. Antecedentes ambientales y legislativos.....	15
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivos específicos.....	16
II. METODOLOGÍA.....	18
2.1. Revisión bibliográfica de proyectos geotérmicos y documentación científica.....	18
2.2. Selección de proyectos nacionales e internacionales.....	18
2.3. Análisis comparativo de los aspectos y medidas ambientales identificadas en los proyectos geotérmicos evaluados en Chile con proyectos internacionales.....	21
2.4. Análisis de las emisiones declaradas de los proyectos geotérmicos frente a emisiones de centrales convencionales como carbón y petróleo.....	23
2.5. Análisis de las potenciales fuentes geotérmicas y su cercanía con áreas protegidas en el país.....	23
III. RESULTADOS.....	25
3.1. Creación de tablas y análisis comparativo de los componentes, impactos ambientales y medidas de mitigación.....	25
3.1.1. Comparación de las características generales entre las centrales seleccionadas.....	25
3.1.2. Comparación de Impactos y componentes ambientales.....	26
3.1.3. Comparación de las mitigaciones propuestas para los impactos identificados.....	31
3.1.3.1. Calidad del Aire.....	31
3.1.3.2. Emisión de gases.....	31
3.1.3.3. Ruido o deterioro de la calidad acústica.....	32
3.1.3.4. Afección a reservorios de agua (Superficial y Subterráneas) y aguas termales.....	32
3.1.3.5. Alteración de ambientes vegetacionales.....	33
3.1.3.6. Fauna y modificación de hábitat.....	34
3.1.3.7. Aumento de la población.....	35
3.1.3.8. Generación de empleo.....	35

3.1.3.9. Aumento en la ocupación de rutas.....	35
3.1.3.10. Perdida de superficie de suelo.....	36
3.1.3.11. Alteración del valor y calidad paisajística.....	36
3.2. Comparación y análisis de emisiones declaradas en centrales geotérmicas y convencionales.....	37
3.3. Creación y análisis de mapas con áreas protegidas y concesiones geotérmicas.....	41
IV. DISCUSIÓN.....	44
V. CONCLUSIONES.....	48
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	49
ANEXO I.....	51
ANEXO II.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación general de centrales geotérmicas nacionales y extranjeras	25
Tabla 2: Similitud de componentes ambientales analizados en el proceso de evaluación ambiental en las centrales geotérmicas nacionales.....	27
Tabla 3: Componentes ambientales similares en los proyectos extranjeros con los ya identificados nacionalmente	28
Tabla 4: Impactos ambientales concordantes entre los proyectos nacionales e internacionales.....	30
Tabla 5: Centrales seleccionadas para efecto de comparación de sus emisiones	37
Tabla 6: Emisiones de cada proyecto analizado, geotérmico, carbón y petróleo	38
Tabla 7: Superficie ocupada por plantas eléctricas, no incluye los gaseoductos.....	42
Tabla 8: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Curacautín, etapa de construcción. Parte 1	63
Tabla 9: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Curacautín, etapa de construcción. Parte 2	64
Tabla 10: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Curacautín, etapa de operación y cierre	65
Tabla 11: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Cerro Pabellón, etapa de construcción. Parte 1	66
Tabla 12: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Cerro Pabellón, etapa de construcción. Parte 2.....	67
Tabla 13: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Cerro Pabellón, etapa de operación y cierre.....	68
Tabla 14: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Unidad 3 Olkaria, Kenia. Parte 1.....	69
Tabla 15: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Unidad 3 Olkaria, Kenia. Parte 2.....	70
Tabla 16: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Unidad 3 Olkaria, Kenia. Parte 3.....	71
Tabla 17: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Unidad 3 Olkaria, Kenia. Parte 4.....	72
Tabla 18: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Unidad 3 Olkaria, Kenia. Parte 5.....	73
Tabla 19: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Ciclo Binario 2, El Salvador	74

Tabla 20: Comparación de las medidas de mitigación para los impactos ambientales establecidos en la Tabla 4. Parte 1	75
Tabla 21: Comparación de las medidas de mitigación para los impactos ambientales establecidos en la Tabla 4. Parte 2	76
Tabla 22: Comparación de las medidas de mitigación para los impactos ambientales establecidos en la Tabla 4. Parte 3	77
Tabla 23: Comparación de las medidas de mitigación para los impactos ambientales establecidos en la Tabla 4. Parte 4	78
Tabla 24: Comparación de las medidas de mitigación para los impactos ambientales establecidos en la Tabla 4. Parte 5	79
Tabla 25: Comparación de las medidas de mitigación para los impactos ambientales establecidos en la Tabla 4. Parte 6	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cinturón o Anillo de fuego del Pacífico.....	2
Figura 2: Generación eléctrica en el mundo de plantas geotérmicas en el 2010.....	3
Figura 3: Utilización directa de la energía geotérmica.....	4
Figura 4: Esquema del Sistema de Vapor Seco.....	5
Figura 5: Esquema del Sistema de Vapor Flash o de Condensación.....	6
Figura 6: Esquema del Sistema de Ciclo Binario	7
Figura 7: Porcentaje de los diferentes sistemas geotérmicos en la producción global de electricidad	8
Figura 8: Ubicación geográfica continental de la central geotérmica Curacautín	13
Figura 9: Ubicación geográfica ampliada de la central geotérmica Curacautín	13
Figura 10: Ubicación geográfica continental de la central geotérmica Cerro Pabellón..	14
Figura 11: Ubicación geográfica ampliada de la central geotérmica Cerro Pabellón	15
Figura 12: Ubicación geográfica continental de la central geotérmica Unidad 3 Olkaria	19
Figura 13: Ubicación geográfica ampliada de la central geotérmica Unidad 3 Olkaria..	19
Figura 14: Ubicación geográfica continental de la central geotérmica Unidad Ciclo Binario 2.....	20
Figura 15: Ubicación geográfica ampliada de la central geotérmica Unidad Ciclo Binario 2.....	21
Figura 16: Número de componentes ambientales analizados por proyectos geotérmicos	27
Figura 17: Número de impactos ambientales identificados por proyectos geotérmicos	29
Figura 18: Normas de calidad del aire vigentes en el país	40

Figura 19: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Arica y Parinacota	51
Figura 20: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Tarapacá	52
Figura 21: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Antofagasta	53
Figura 22: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Atacama	54
Figura 23: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Coquimbo	55
Figura 24: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región Metropolitana	56
Figura 25: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región B. O`Higgins	57
Figura 26: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región del Maule	58
Figura 27: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región del Biobío	59
Figura 28: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de La Araucanía	60
Figura 29: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Los Ríos	61
Figura 30: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Los Lagos	62

RESUMEN

Los problemas ambientales que conlleva la implementación de centrales eléctricas convencionales en base a combustibles fósiles, son conocidos por temas como el calentamiento global, por lo que una diversificación de la matriz energética en el país y el mundo puede traer nuevas formas de generación de energías menos contaminantes, como también aliviar la red eléctrica. Frente a esto se proponen las Energías Renovables No Convencionales (ERNC).

Chile, posee un gran potencial geotérmico, debido a que se encuentra en el “Cinturón de Fuego del Pacífico”, ve la posibilidad de diversificar la matriz energética con la geotermia y subsanar la deficiencia que, en este aspecto, atraviesa el país. Pero las fuentes geotermiales en el país coinciden con áreas protegidas por la legislación, en consecuencia y con dos centrales geotérmicas en construcción, la central Cerro Pabellón y Curacautín, el futuro de la geotermia en Chile es incierto.

Es por esto que surge la pregunta: ¿esta forma de generación eléctrica en la matriz energética del país es viable, de acuerdo a las áreas donde se ubica el potencial geotérmico?

Para ello se compararon y analizaron tópicos relacionados con la geotermia como los componentes e impactos ambientales y las medidas de mitigación identificados en centrales geotérmicas chilenas que son comparados con proyectos geotérmicos extranjeros, las emisiones a la atmósfera de la geotermia en contraste a las energías convencionales, y también se estudió la cercanía de las concesiones geotérmicas con áreas protegidas en el país para validar su viabilidad.

Estos análisis reflejaron que la geotermia es una alternativa viable como opción de diversificación de la matriz energética en Chile, a pesar que el análisis comparativo de los impactos y medidas ambientales de proyectos geotérmicos nacionales y extranjeros demostró que éstos últimos realizan un análisis más detallado y tienen una perspectiva más amplia frente a lo que rodea una central energética, caracterizando una mayor cantidad de componentes ambientales y evaluando una mayor cantidad de impactos ambientales.

Además, a través de la comparación entre esta ERNC y las energías convencionales como el carbón y petróleo, se pudo concretar una marcada diferencia

de las emisiones declaradas, siendo significativamente menores en la generación geotérmica, disminuyendo los riesgos sanitarios involucrados en los gases y fluidos de los proyectos geotérmicos.

Finalmente, la creación de mapas comparativos, donde se observan las áreas protegidas y las concesiones geotérmicas en el país, reafirma la viabilidad de la geotermia con las posiciones geográficas, dado que sólo dos de las concesiones geotérmicas analizadas se ubican al interior de un área protegida. En casos internacionales se analizó un ejemplo de gestión ambiental asociado al proyecto Unidad 3 Olkaria, Kenia, ubicado a menos de 6 km del parque nacional *Hell's Gate*.

I INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes Generales

1.1.1. Que es la geotermia y por qué se considera una energía renovable.

En términos generales la geotermia es la rama de la ciencia que estudia los procesos térmicos del interior de la tierra, de la cual surge la técnica de extracción de energía, en base a estos procesos térmicos, la energía geotérmica.

Esta forma de generación eléctrica tiene semejanzas con las basadas en combustibles convencionales como el carbón, petróleo y gas natural, ya que estas queman el combustible para generar vapor y accionar turbinas para la generación de energía. Sin embargo, y a diferencia de los métodos convencionales, la energía geotérmica no implica la quema de algún combustible para generar el vapor para las turbinas, sino que lo extrae directamente de lugares con formaciones que ya cuentan con agua caliente o vapor a alta presión. Esto se deduce textualmente del término geotermia, proveniente de las palabras en griego Geo (tierra) y termo (calor), por lo tanto, el calor del interior de la tierra que puede ser recuperado para utilizarlo, por ejemplo, en calefaccionar edificios o producir energía.

La energía geotérmica se considera una energía renovable debido a que su producción es constante dentro la tierra por la descomposición de elementos radioactivos como el Uranio, Torio, Potasio y Radio (este último puede causar contaminación en las aguas, ya que se extrae junto a los fluidos geotérmicos). Esta desintegración de elementos causa un gran incremento en las temperaturas, lo suficiente para mantener el núcleo de la tierra fundido.

Las rocas y el agua acumulada en el interior de la tierra absorben esta temperatura del magma acumulado, y a medida que esta agua sube a la superficie se crean los geiseres y manantiales naturales. Gran parte de la actividad geotérmica en el planeta se produce en el denominado "Anillo de Fuego del Pacifico" (ver Figura 1; CEGA, 2013).

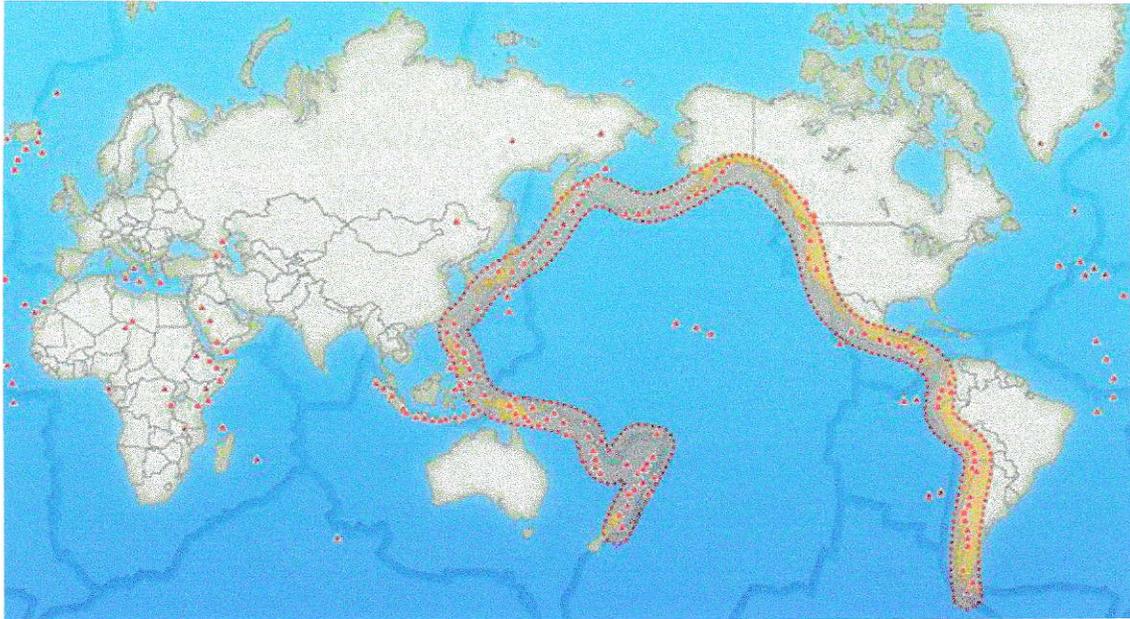


Figura 1: Cinturón o Anillo de Fuego del Pacífico (Energía Andina, 2013).

En comparación con las fuentes convencionales de energía, el uso de agua geotérmica se considera relativamente libre de generar impactos ambientales. En teoría, la extracción de fluidos geotérmicos de un reservorio a la superficie, la generación de electricidad a partir de la fase de vapor y la reinyección posterior de la fase líquida debe representar un ciclo hidrológico cerrado sin ningún contacto con la atmósfera. Por lo tanto, este tipo de generación de energía se ve como un atractivo ambiental-ecológico frente a otras fuentes de generación de energía.

La capacidad instalada hasta el 2010 en todo el mundo es de alrededor de 13 Giga Watts, con 24 países generando energía geotérmica (Bayer y col., 2013). De estos 24 países, EE.UU., Filipinas, Indonesia, México, Italia, Islandia, Nueva Zelanda y Japón producen más del 90% (ver Figura 2). La mayoría de estos países se encuentran cerca o dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, a excepción de Italia que tiene un cordón montañoso con varios volcanes activos.

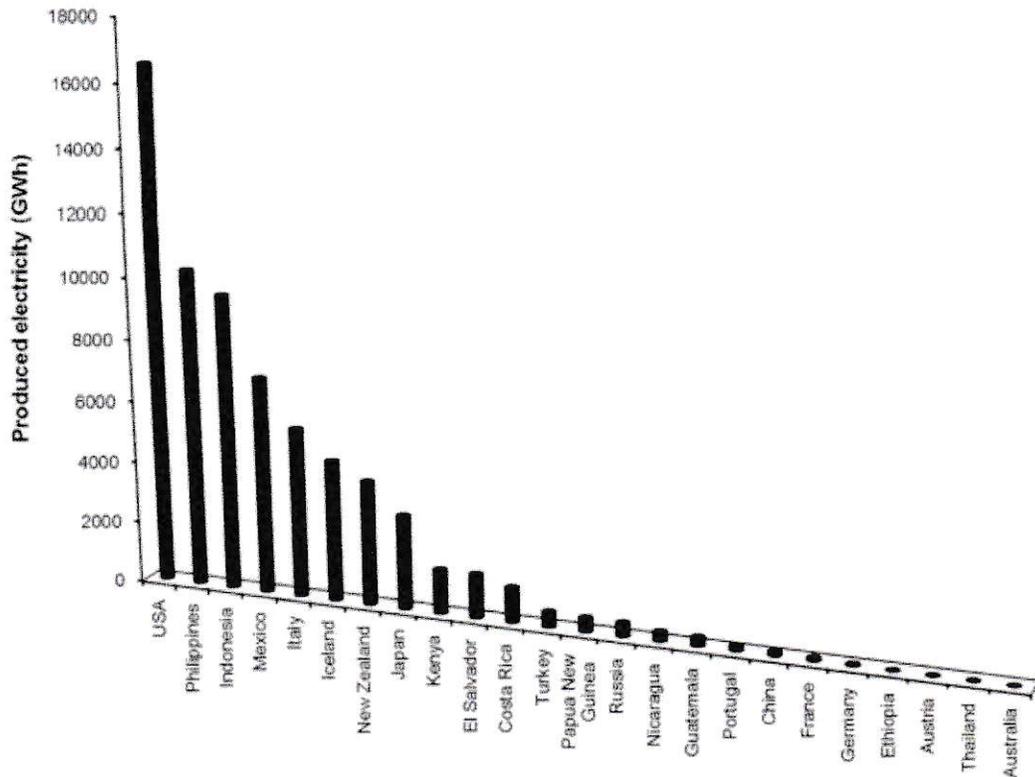


Figura 2: Generación eléctrica en el mundo de plantas geotérmicas en el 2010 (Bayer y col., 2013).

1.1.2. Utilización y aplicación de la geotermia.

A lo largo de la historia, muchas culturas han utilizado el agua caliente de yacimientos geotérmicos como fuente de energía, ya sea para bañarse, cocinar o calefacción como también pensar que tiene poderes curativos. Si bien el uso más directo que tienen los recursos geotérmicos es el baño (termas), también se usa mayoritariamente como calefacción en edificios y casas (Towler, 2014).

La utilización de los recursos geotérmicos dependerá de las temperaturas albergadas en estos yacimientos, es por eso que hay que diferenciar entre energías geotérmicas de alta temperatura y bajas temperaturas, ya que estas permiten una diversidad de utilidades.

- Alta temperatura (más de 150 °C): Permite transformar directamente el vapor de agua en energía eléctrica.
- Media temperatura (entre 90 y 150 °C): Se puede producir energía eléctrica utilizando un fluido de intercambio, que es el que alimenta a las centrales.
- Baja temperatura (entre 30 y 90 °C): Su contenido en calor es insuficiente para producir energía eléctrica, pero es adecuado para calefacción de edificios y en determinados procesos industriales y agrícolas.
- Muy baja temperatura (menos de 30 °C): Puede ser utilizada para obtener agua caliente, para calefacción y climatización. En este caso se necesita emplear bombas de calor.



Figura 3: Utilización directa de la energía geotérmica (Cega, 2013).

Por lo tanto, la geotermia no solo es utilizada para la generación de electricidad y la calefacción de hogares, sino que tiene muchas aplicaciones (ver Figura 3) tanto en lo cotidiano como usos religiosos, culturales, tratamiento de la madera, provisión de agua, cocinar y en la salud de las personas y animales (por las sales en las aguas termales) como también en lo comercial, por ejemplo: piscinas de baños termales o spa, turismo, riego de cultivos y agricultura de invernadero, procesos industriales como el procesamiento de carne, leche, verduras, vino, miel y cera y otras actividades que se pueden derivar del uso cotidiano como el lavado de lana, alfombras, teñido de tela, etc. (Ogola y col., 2012 y Borović y col., 2015)

1.1.3. Tipos de plantas o centrales geotérmicas.

Hay tres tipos básicos de centrales geotérmicas, las plantas a vapor seco, las plantas a vapor flash (Condensación o flasheo) y las centrales de ciclo binario (Towler, 2014).

Las centrales geotérmicas con el **Sistema de Vapor Seco** utilizan el vapor directamente del yacimiento geotérmico para activar las turbinas del generador como se muestra en la Figura 4. Luego este vapor, que ya ha pasado por las turbinas, se condensa en agua y se reinyecta en el mismo depósito para mantener el suministro de vapor.

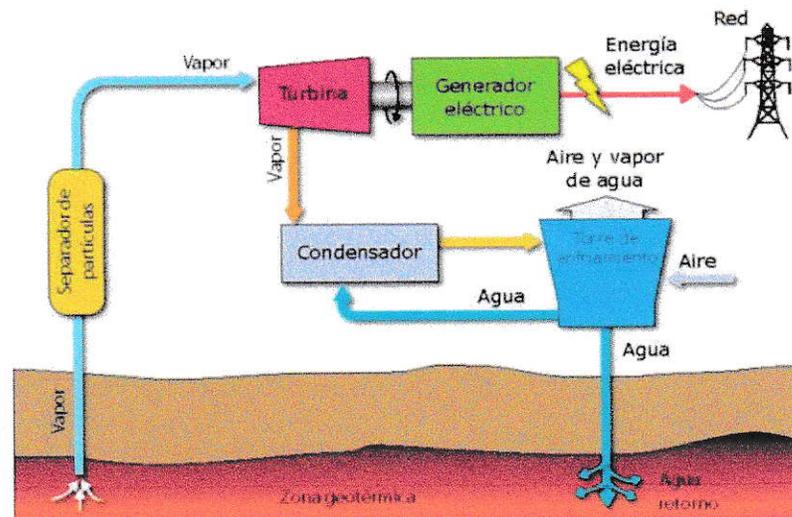


Figura 4: Esquema del Sistema de Vapor Seco (Comunidad Eduambiental).

Una central con **Sistema de Vapor Flash** (flasheo o de condensación) utiliza el agua caliente a alta presión del depósito geotérmico a través de largas tuberías hasta llegar a un tambor de retención o evaporación, donde su presión baja y se transforma rápidamente en vapor (ver Figura 5). Este vapor se utiliza para accionar las turbinas del generador. Luego y al igual que el sistema anterior, el vapor se condensa en agua y se reinyecta al sumidero. Algunas de estas plantas tienen un tambor de retención o evaporación adicional ya que puede que no toda el agua caliente se convierta en vapor inmediatamente, por lo que requeriría de un segundo tanque para conseguir más energía.

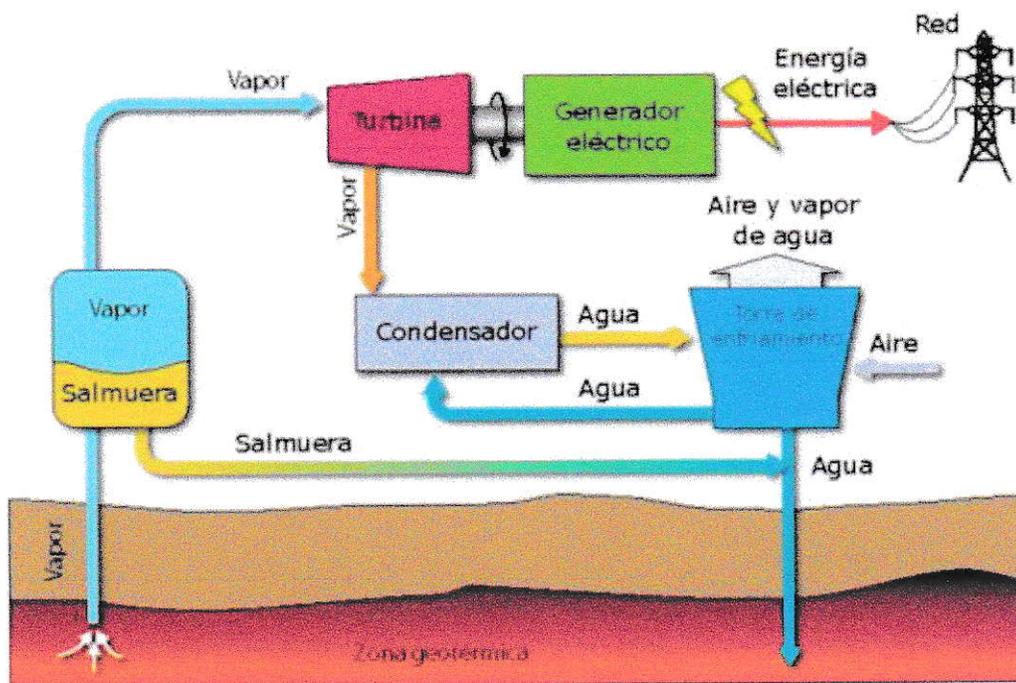


Figura 5: Esquema Sistema de Vapor Flash o de Condensación (Comunidad Eduambiental).

Por último las centrales con el **Sistema de Ciclo Binario** (ver Figura 6) también utilizan el agua caliente del depósito geotérmico, sin embargo, este es utilizado para que transfiera su calor a otro fluido con menor punto de ebullición, utilizando este vapor para accionar las turbinas del generador. Este sistema es utilizado en yacimientos que no tienen una presión o temperatura adecuada para utilizar en los sistemas anteriores.

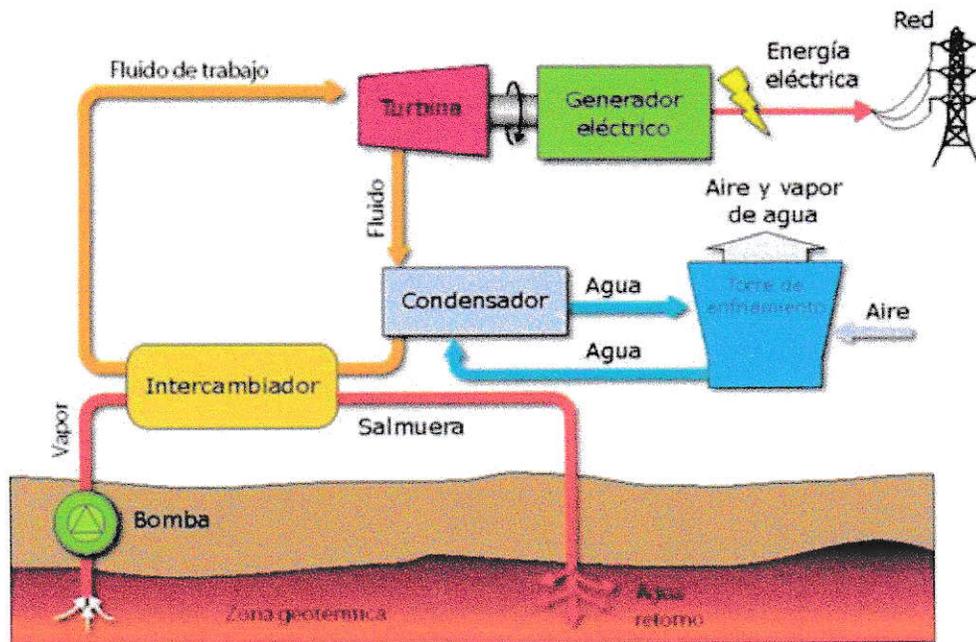


Figura 6: Esquema del Sistema de Ciclo Binario (Comunidad Eduambiental).

Los fluidos geotérmicos extraídos en los yacimientos, tienen varios factores físicos en un amplio rango como temperatura, presencia de gases no condensables, presión, pH, sólidos disueltos, etc.; por lo tanto, existe una gran variedad de sistemas de conversión de energía que se han adaptado a estas propiedades y que pueden ser combinados para lograr más efectividad, dando origen a los sistemas híbridos.

En la Figura 7 se observan los porcentajes de utilización de estos tipos de sistemas geotérmicos en el mundo, integrando dos sistemas nuevos como lo es el Sistema Doble Flash, que utiliza la misma base que el Sistema Vapor Flash, pero a diferencia de este proporciona energía con vapores de alta y baja presión, incrementando el rendimiento en un 40% pero requiere más fluido para lograrlo.

También se menciona el sistema Back Pressure el cual utiliza un turbogenerador para convertir la energía potencial del fluido en energía mecánica (Bayer y col., 2013).

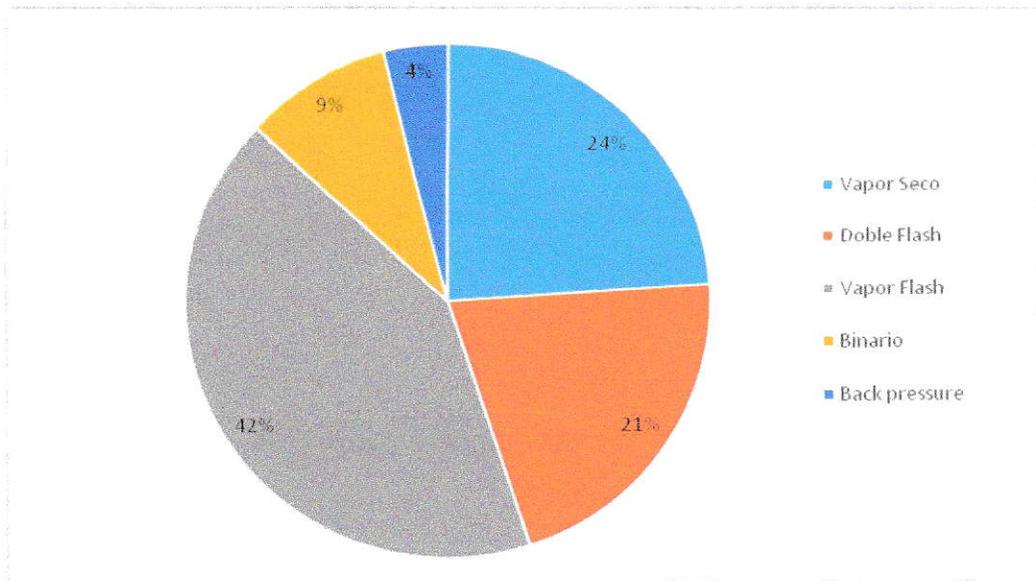


Figura 7: Porcentaje de los diferentes sistemas geotérmicos en la producción global de electricidad (Bayer, et al. 2013).

La relación de los porcentajes de utilización de estos sistemas en el mundo no indica la vinculación con su producción de energía, ya que los Sistemas de Vapor Seco tienen la mayor producción de energía unitaria (45 MW). Sin embargo, estas fuentes han sido implementadas en un bajo porcentaje como sistema de generación por la escasez de los yacimientos de alta temperatura. Le siguen los sistemas o centrales Vapor Flash con 30 MW de producción unitaria, siendo estos los de mayor implementación debido a la facilidad en su técnica de operación y un mayor número de yacimientos utilizables (de temperatura media) y finalmente los Sistemas Binarios con producción de alrededor de 5 MW los cuales son menos utilizados que los sistemas anteriores.

1.2. Antecedentes Específicos

1.2.1. Problemas ambientales asociados a la generación geotérmica.

Si bien la energía geotérmica se encuentra dentro de las formas de generación de energía más eficientes y limpias, no está exenta de generar impactos ambientales en los alrededores donde se encuentre el proyecto (Energías Renovables, 2012). En este

contexto, por ejemplo, las centrales geotérmicas liberan menos del 1% de dióxido de carbono que generan las plantas a combustibles fósiles, sin embargo, emiten otras sustancias como ácido sulfhídrico, trazas de arsénico y otros metales nocivos.

En el complejo geotérmico Salton Sea, Estados Unidos, se recuperó la sal desde las tuberías y otras maquinarias de la planta y se dispuso en un relleno sanitario, lo que contaminó las aguas subterráneas del lugar. La planta, para solucionar la situación, disolvió la sal en el agua residual y la reinyectó en la fuente (Towler, 2014). Este problema también lo sufrió el complejo geotérmico "The Geysers" al norte de California, Estados Unidos, al descubrir el descenso de la potencia debido al agotamiento de la capa freática hasta que comenzaron a reinyectar el fluido para remediarlo.

Los problemas ambientales que se evidencian en las plantas geotérmicas y sus alrededores son:

- Las alteraciones superficiales del suelo.
- Efectos físicos en la superficie de suelo debido a la extracción de fluidos.
- Ruido en la fase de construcción.
- Contaminación química del aire y aguas superficiales.
- Efectos Biológicos debido a los fluidos geotermales.
- Perturbación de áreas naturales y turísticas.

Estos problemas pueden aparecer durante las fases de construcción y/u operación, como también en los procedimientos de exploración.

- a) **Alteraciones superficiales en el suelo.** Son causadas por la excavación, la construcción y la creación de nuevos caminos que acompañan a la mayoría de las nuevas actividades incluida la geotermia, pero la zona afectada en esta actividad es relativamente pequeña en comparación a otras fuentes de energía, como el carbón y petróleo. Como las fuentes geotermales se utilizan, normalmente cerca del sitio de perforación no hay necesidad de largas tuberías, sin embargo, la calefacción de espacios y las líneas de transmisión eléctrica son la excepción a esta regla.

- **Deslizamientos de tierra.** Son susceptibles de ocurrir en algunos lugares y pueden establecer restricciones sobre los sitios elegidos para la construcción.
- **El paisaje.** También puede percibir efectos de las centrales geotérmicas, ya que los campos geotérmicos están a menudo situados en lugares de gran belleza e importancia turística como también de interés histórico.

Sin embargo, se tienen efectos beneficiosos de la utilización con el turismo, como una atracción añadida. Uno de los más llamativos es la Laguna Azul, Islandia, en el campo geotérmico Svartsengi, que ahora es uno de los lugares de mayor interés turístico en ese país, siendo en realidad un estanque de efluentes que se convirtió accidentalmente más grande de lo previsto.

- **Hundimiento de los suelos.** Puede producirse cuando la extracción de fluido excede la afluencia natural.

La reducción de la capa freática puede provocar la mezcla de fluidos entre los acuíferos y una entrada de agua corrosiva, como también puede causar la desaparición de manantiales y fumarolas o cambios en la actividad de superficie. La reducción del nivel freático también puede conducir a la formación o el crecimiento acelerado de las fumarolas y posterior de ebullición y la desgasificación del campo (Kristmannsdóttir y col., 2003).

- b) El ruido.** Provocado por la utilización de la energía geotérmica proviene principalmente del taladro perforador, que es temporal (solo para la perforación de los pozos) y rara vez supera los 90 dB; también, durante la fase de construcción, se provoca ruido debido a la maquinaria ocupada para esta actividad.

Una vez que la planta ha comenzado las operaciones, un silenciador de ruido puede mantener el ruido ambiental por debajo del límite de 65 dB establecido por el Servicio Geológico de Estados Unidos y de 70 dB establecidos en Chile (Universidad Católica de Chile, 2009).

c) **La contaminación química.** Es una consecuencia de las emisiones a través del vapor a la atmósfera y de la no reinyección de los fluidos extraídos, que también pueden contener químicos disueltos potencialmente dañinos para el medio ambiente.

- **Contaminantes en la fracción líquida.** Los principales son: Sulfuro de hidrógeno (H_2S), trazas de Arsénico (As), Boro (B), Mercurio (Hg) y otros metales pesados, como el Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Litio (Li) y Amoníaco (NH_3), como también el Aluminio (Al), todos estos elementos pueden tener concentraciones nocivas en los fluidos extraídos (Shortall y col., 2014 y Kristmannsdóttir y col., 2003).
- **La salmuera.** Uno de los fluidos geotérmicos más comunes cuya excesiva concentración de sal puede causar daño directo al medio ambiente, la eliminación de esta agua es arriesgada, ya que las trazas de As y Hg, en particular, pueden acumularse en los sedimentos y organismos pequeños.
- **Gases geotérmicos emitidos.** Son principalmente Dióxido de carbono y Sulfuro de hidrógeno (H_2S), aunque el Metano, Mercurio, Radón, Amoníaco y Boro también emergen dentro de estos gases.

El **Dióxido de carbono**, es uno de los componentes principales de los gases geotérmicos junto con el H_2S , y el Metano, un componente menor. Estos requieren de atención debido a su papel como gases de efecto invernadero. Sin embargo, la producción de Dióxido de carbono ya se cuenta como un subproducto industrial en varias plantas geotérmicas, tales como Kizildere, Turquía, reduciendo aún más las emisiones.

El **Sulfuro de hidrógeno** se emite mayoritariamente (también de mayor reactividad) y se lleva la mayor preocupación, ya que tiene un olor desagradable y es tóxico en concentraciones moderadas. Se afirma que la mayoría del H_2S termina siendo oxidado a SO_2 , y se suma al problema mundial de la lluvia ácida, pero no ha habido evidencia de este efecto. Por el contrario, se ha demostrado que una proporción

considerable del H_2S se elimina por lavado del vapor de agua y precipita como Azufre elemental (Barbier, 2002).

- d) **Perturbación del ecosistema.** Como muchas de las áreas geotérmicas son de una belleza única, de interés histórico o lugares turísticos, se considera mucho su protección. Las perturbaciones al estado natural de un área pueden causar que géiseres, aguas termales y piscinas de barro se deterioren o desaparezcan, junto con la vegetación termófila especial como plantas y bacterias.

1.2.2. Situación actual de la Energía Geotérmica en Chile

1.2.2.1. Proyectos en ejecución

En Chile, el concepto de energía geotérmica no se ha puesto en práctica. No obstante, ya se están construyendo las primeras centrales (Curacautín y Cerro Pabellón).

La Central Curacautín (Figura 8 y 9), está ubicada en el límite de las Regiones del Biobío y La Araucanía, entre las comunas de Quilaco y Curacautín. En sus alrededores se encuentra el Volcán Tolhuaca, en la ladera nor-poniente (cota 2.075 msnm) y a 100 km se localiza la ciudad de Curacautín.



Figura 8: Ubicación geográfica continental de la central geotérmica Curacautín (Google Earth).

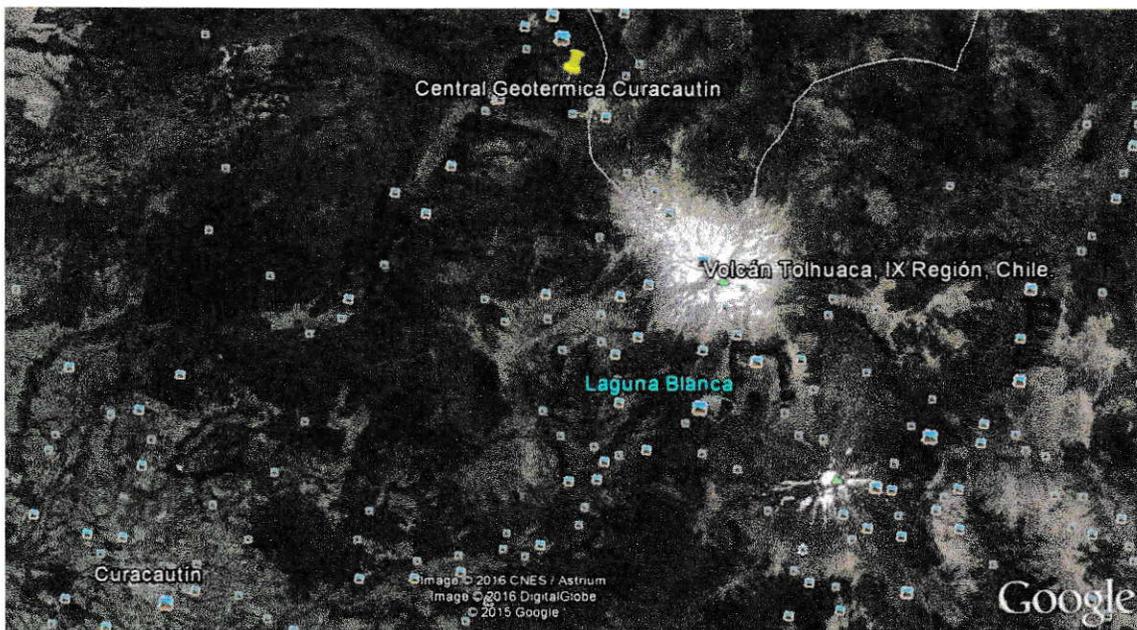


Figura 9: Ubicación geográfica ampliada de la central geotérmica Curacautín (Google Earth).

De acuerdo a lo declarado en el EIA el área de intervención de este proyecto será de 18 hectáreas considerando la central, las plataformas de perforación, campamentos, etc. Se proyecta una potencia de generación de 70 Mega Watts.

El proyecto de Cerro Pabellón (Figura 10 y 11), está ubicado en el sector de la Pampa Apacheta en la Región de Antofagasta, en la comuna de Ollagüe, a una altura de 4.500 msnm y con un área de influencia de aproximadamente 81 km². Dado que se encuentra en una zona desértica no cuenta con muchas áreas verdes y/o protegidas en los alrededores, como tampoco comunidades o pueblos cercanos que puedan ser impactados directamente.

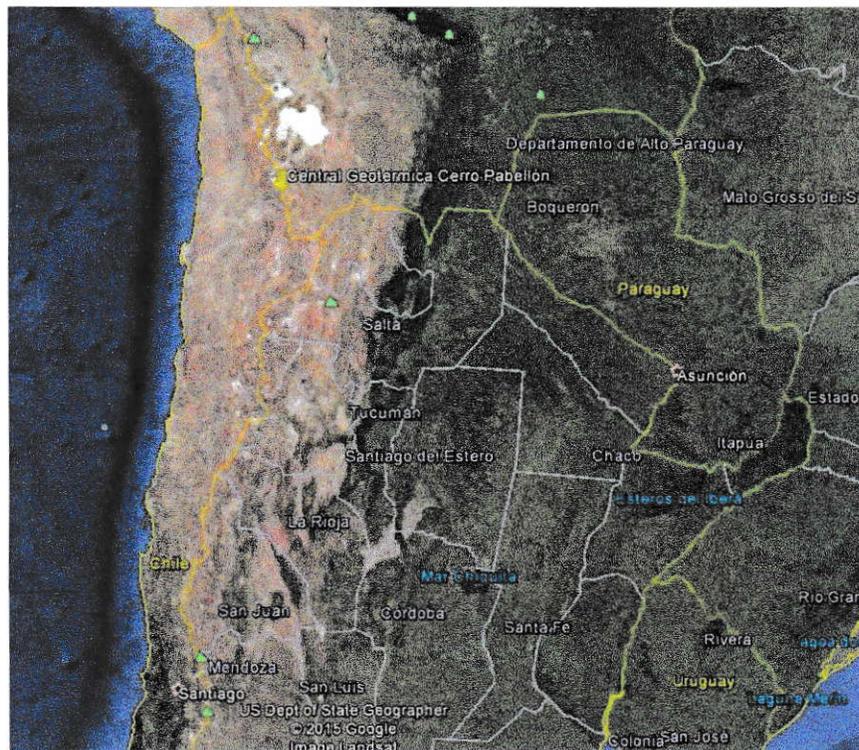


Figura 10: Ubicación geográfica continental de la central geotérmica Cerro Pabellón (Google Earth).

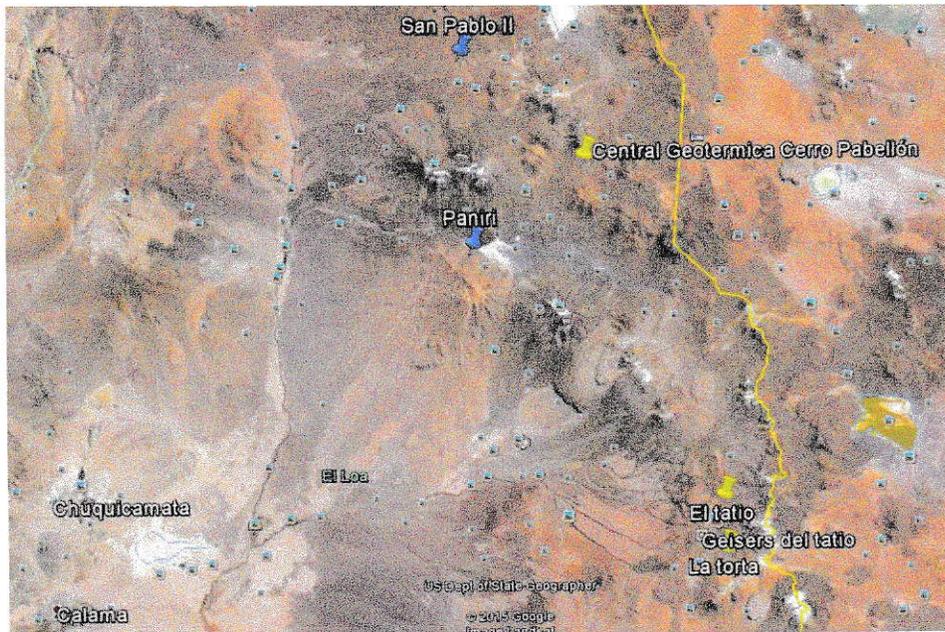


Figura 11: Ubicación geográfica ampliada de la central geotérmica Cerro Pabellón (Google Earth).

1.2.2.2. Antecedentes ambientales y legislativos

No se han evidenciado problemas ambientales a excepción de lo ocurrido en la explotación geotérmica El Tatio, donde una fuga de vapor de agua de 60 metros, desde de uno de los pozos explotados, se mantuvo por 27 días hasta que pudo ser controlada (BCN, 2009). Este acontecimiento fue duramente criticado por la comunidad atacameña y puso en duda las aspiraciones geotérmicas del país.

Otra de las situaciones que más complica a la explotación de la geotermia en Chile, es el elevado gasto económico que conlleva implementarla y la cercanía de las fuentes geotermiales a áreas protegidas con un alto valor turístico. En este marco es que se crea la Ley sobre concesiones de energía geotérmica (Ley N°19.657) del ministerio de minería para regular la geotermia en Chile.

Dentro de esta ley, específicamente en su artículo N°6, se definen las concesiones geotérmicas que se pueden otorgar en el país. Estas pueden ser concesiones de explotación y exploración, cada una con objetivos distintos:

- **La exploración.** Consiste en las 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 las 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.

Si bien en Chile los estudios referentes a la energía geotérmica empezaron en 1968 con las primeras exploraciones y teniendo la certeza que se tiene un potencial enorme, hasta la fecha no se tiene ninguna producción de Mega Watts con base geotérmica en nuestro país. La explicación puede darse por las barreras institucionales, normativas, de financiamiento y sociales que obstaculizan la implementación de esta energía en el reemplazo de la principal fuente en la matriz energética, las termoeléctricas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar, de acuerdo a las áreas donde se ubica el potencial geotérmico en Chile, si esta forma de generación de energía es una alternativa viable para el país, producto de los problemas ambientales que conllevan ya que su ubicación coincide, generalmente, con áreas y poblaciones protegidas por leyes chilenas.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. En base a antecedentes geopolíticos, determinar si existen áreas con potencial geotérmico que puedan desarrollarse respetando y cumpliendo con la legislación chilena respecto a áreas y comunidades protegidas.

2. Realizar un análisis comparativo de los impactos y medidas determinadas en proyectos geotérmicos desarrollados en el extranjero en relación a los proyectos ya evaluados ambientalmente en Chile.
3. Establecer, en base a estudios internacionales, si los riesgos sanitarios que involucran los gases y fluidos emitidos por una planta geotérmica son mayores en comparación con plantas de similares características que utilicen carbón o petróleo como base de generación eléctrica.

II. METODOLOGÍA

2.1. Revisión bibliográfica de proyectos geotérmicos y documentación científica.

Para la elaboración de esta tesis, primero, se realizó una revisión bibliográfica, específicamente documentación sobre los impactos ambientales (como, por ejemplo: manuscritos científicos de geotermia y su utilización, estudios de casos en Japón y Kenia) que generan los proyectos geotérmicos en sus distintas fases de desarrollo y de los estudios de impacto ambiental de proyectos geotérmicos nacionales como internacionales.

2.2. Selección de proyectos nacionales e internacionales

Para esta revisión se seleccionaron 2 proyectos geotérmicos nacionales (ambos se encuentran aprobados por el Servicio de Evaluación Ambiental, SEA), los primeros en construirse en el país. Uno de ellos es la Central Curacautín ubicada en el límite de las Regiones del Biobío y La Araucanía (Figuras 8 y 9). El segundo proyecto analizado fue el de la central geotérmica Cerro Pabellón (Figura 10 y 11), ubicado en el sector de la Pampa Apacheta en la Región de Antofagasta.

Luego se seleccionaron 2 proyectos internacionales. Uno de ellos es la central Unidad 3 Olkaria (Figura 12 y 13), una de las expansiones del campo geotérmico Olkaria en Kenia, ubicada a 6 km al sur del Lago Naivasha en el Gran Valle del Rift ocupando un área de 68,25 km². Este campo geotérmico y también la unidad expansiva (central Unidad 3 Olkaria) se encuentran dentro del parque nacional Hell's Gate, lugar turístico que cuenta con numerosos mamíferos y aves. También, y debido al desarrollo económico en torno al Lago Naivasha, se encuentran industrias de floricultura y horticultura para la exportación las cuales también pueden ser afectadas por la instalación de la unidad expansiva.

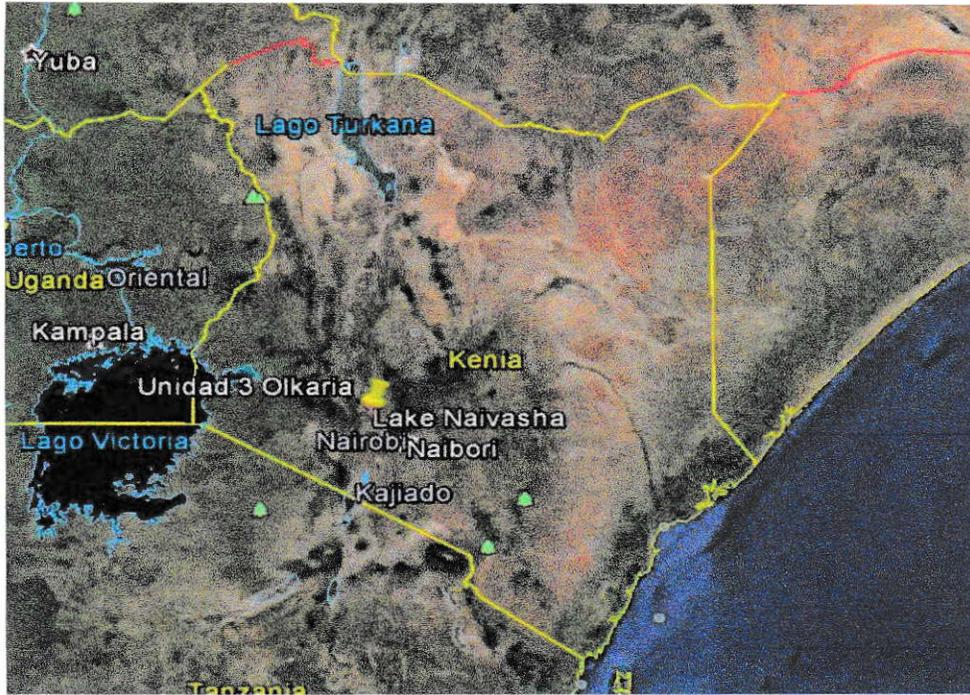


Figura 12: Ubicación geográfica continental de la central Unidad 3 Olkaria (Google Earth).

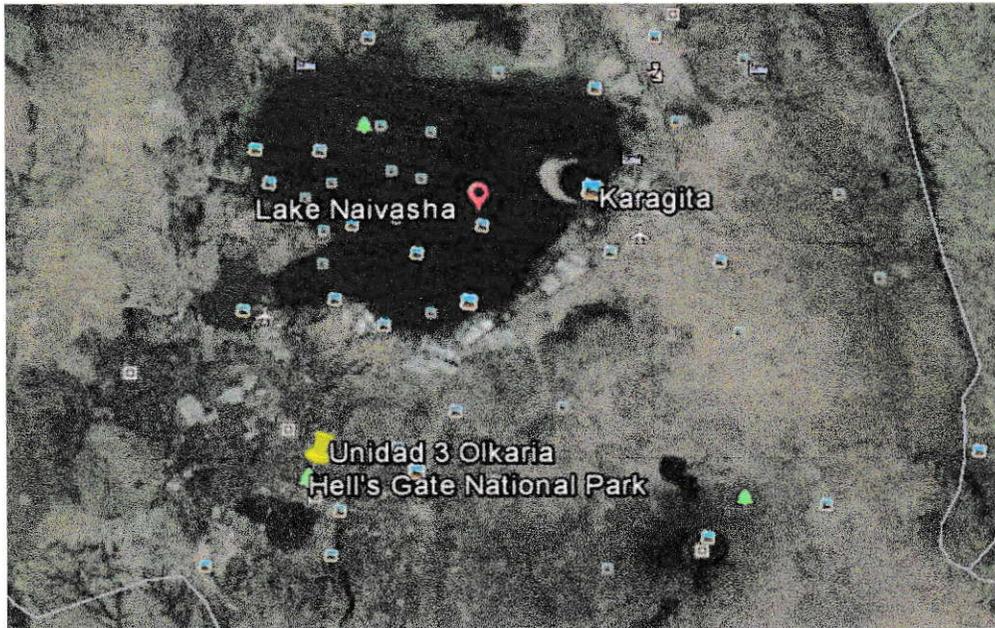


Figura 13: Ubicación geográfica ampliada de la central geotérmica Unidad 3 Olkaria (Google Earth).

El otro proyecto extranjero analizado es la unidad de Ciclo Binario 2 (Figura 14 y 15), ubicada en el campo geotérmico Berlín, en El Salvador, exactamente en el Cantón Apastepeque (división del Municipio de Alegria) a 100 m. de la población rural Caserío Buena Vista. El área de influencia de esta central es de 6,5 km², teniendo una influencia directa en el Caserío Buena Vista, e indirectamente con la Microcuenca de la quebrada El Riyito.



Figura 14: Ubicación geográfica continental de la central geotérmica Unidad Ciclo Binario 2 (Google Earth).

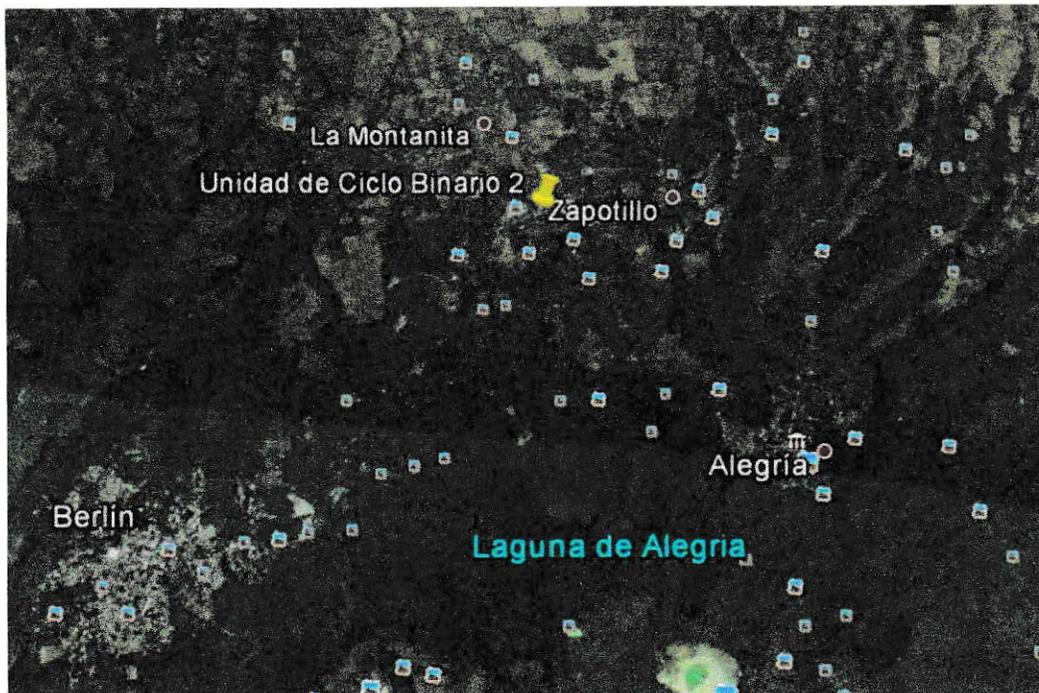


Figura 15: Ubicación geográfica ampliada de la central geotérmica Unidad Ciclo Binario 2 (Google Earth).

Cabe destacar que ambos proyectos se encuentran aprobados por las respectivas autoridades de su país y al 2015 están en etapa de construcción.

La revisión de la documentación científica relacionada con la geotermia (encontrada en el sitio web ScienceDirect) proporcionó información relevante sobre los impactos ambientales esperados en la implementación de energía geotérmica en Kenia y otros países.

2.3. Análisis comparativo de los aspectos y medidas ambientales identificadas en los proyectos geotérmicos evaluados en Chile con proyectos internacionales.

Una vez definido los 4 proyectos geotérmicos a analizar, y utilizando los estudios ambientales de cada central, se procedió a la confección de tablas que integran los impactos generados por cada central, clasificándolos de acuerdo a los componentes ambientales presentes en su área de influencia y las propuestas de medidas de mitigación, compensación y/o reparación.

En consecuencia, para cada proyecto se elaboró una tabla donde se indica la información recopilada del estudio de impacto ambiental, respecto a los componentes ambientales, los impactos ambientales asociados a ese componente y también las medidas propuestas en el proyecto para mitigar esos impactos.

Los criterios analizados, permitieron evaluar los proyectos y los componentes ambientales del país que afectarían, como por ejemplo el aire o suelo, y por lo tanto definir aquellos impactos ambientales que son más significativos y puedan tener una atenuación satisfactoria, como también satisfacer lo requerido en el marco legal.

Además, esta división entre componente e impacto ambiental facilitan las comparaciones a realizar, ya que los estudios de impacto ambiental analizados contemplan estos criterios en la entrega de información.

En la primera tabla informada en los resultados se contextualizó las centrales geotérmicas con una comparación general, indicando el tipo de planta que se construye (Vapor Seco, Vapor Flash o Ciclo Binario), la potencia de generación eléctrica estimada y la cercanía a un área protegida en el país donde se instala.

Luego se realizan las siguientes comparaciones, utilizando, también, tablas y figuras para tener un análisis más demostrativo a la hora de correlacionar cada tópico con los proyectos geotérmicos extranjeros:

- Por número y similitud de componentes ambientales analizados en cada proyecto geotérmico.
- Por número y similitud de los impactos ambientales identificados en cada proyecto geotérmico.
- Por las medidas de mitigación propuestas para cada impacto ambiental.

2.4. Análisis de las emisiones declaradas de los proyectos geotérmicos frente a emisiones de centrales convencionales como carbón y petróleo.

Se compararon las centrales geotérmicas con centrales eléctricas con base a carbón y petróleo para determinar y confrontar las emisiones declaradas de estas centrales.

Se selecciona la Termoeléctrica Diego de Almagro y la Termoeléctrica Bocamina Segunda Unidad. La primera fue elegida debido que tiene una generación eléctrica similar a las plantas geotérmicas analizadas (menor a 100 MW) y la segunda debido a la importante cantidad de generación eléctrica inyectada al sistema interconectado central y por ser una referencia de las centrales convencionales que pueden ser relevadas en la matriz energética de Chile por las centrales geotérmicas u otras ERNC.

Los contaminantes considerados para la comparación de las centrales geotérmicas y convencionales son: PM10, SO_x, NO_x, CO, CO₂ y H₂S. Hay que destacar que la información de las emisiones declaradas está incompleta, ya que no se encontró dentro de los estudios ambientales de los proyectos analizados, quedando una comparación parcial de los datos obtenidos.

Después de elaborar la tabla con las emisiones declaradas por cada central, ya sea geotérmica o convencional, se procede a la comparación y análisis de estos datos.

2.5. Análisis de las potenciales fuentes geotérmicas y su cercanía con áreas protegidas en el país.

Se analizó la factibilidad de la construcción de las centrales geotérmicas en Chile, con potencial geotérmico, cercanas a áreas y comunidades protegidas.

A través de la creación de mapas, donde se vislumbren las concesiones geotérmicas y las áreas protegidas del país, fue posible determinar, en base a la distancia entre estas dos variables, si la generación de impactos por proyectos geotérmicos afectara estas áreas. Para ello se obtuvieron los mapas de áreas protegidas de Chile, a través del proyecto GEF-SNAP (Proyecto de creación de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas para Chile) y las coordenadas de las concesiones geotérmicas, de exploración y explotación, a través del catastro realizado

por el Sernageomin, las cuales fueron integradas en los mapas de las áreas protegidas para así realizar el análisis en base a sus posiciones geográficas para el posterior análisis.

III. RESULTADOS

3.1. Creación de tablas y análisis comparativo de los componentes, impactos ambientales y medidas de mitigación.

3.1.1. Comparación de características generales entre las centrales seleccionadas

En la Tabla 1 se compara el tipo de central o planta geotérmica, la generación eléctrica producida y su cercanía con alguna área protegida como parques nacionales o comunidades, y ciudades de los proyectos analizados.

Tabla 1: Comparación general de centrales geotérmicas nacionales y extranjeras.

Parámetro /Central	3° Unidad Extensión Olkaria, Kenia	Unidad Ciclo Binario 2, El Salvador	Curacautín, Chile	Cerro Pabellón, Chile
Tipo de Planta Eléctrica	Vapor Seco	Ciclo Binario	Sistema Flash (Condensación)	Flash y Binario
Generación Eléctrica	35 MW	6 MW	70 MW	50 MW
Cercanía con área protegida, parque nacional o comunidad	6 Km al sur del Lago Naivasha (Parque Nacional Hell's Gate)	100 metros de la comunidad Caserío Buena Vista	Faldas de Volcán Tolhuaca- 100 Km de la ciudad de Temuco	100 Km de la ciudad de Calama

- Generación eléctrica.** Las centrales analizadas están en el rango de los 35 MW a los 70 MW con excepción de la Unidad Ciclo Binario 2 que genera 6 MW. Sin embargo, esta generación eléctrica es un complemento a la instalada en este campo geotérmico (cuenta con una generación de 40 MW), por lo tanto, en su totalidad, se encontraría dentro del rango de las otras centrales.
- Tipo de central o planta.** Observamos que todas tienen distintos sistemas para la generación de energía, la central Cerro Pabellón es combinada (híbrido) ya

que usa el tipo Flash y Binario para su producción energética (Condensación o Flash 40 MW y Binario 10 MW) esperando una mejor calidad y producción. También la central Curacautín utiliza el sistema Flash para la producción de energía eléctrica, evidenciando que las centrales tipo Vapor Flash son las más utilizadas (ver Figura 7).

A su vez, la menos utilizada es la de tipo Vapor Seco que requiere de una fuente geotérmica con mayor temperatura, utilizada por el proyecto Unidad 3 Olkaria, lo que permite evidenciar que se encuentra en un yacimiento de alta temperatura (mayor a los 150 °C).

- **Distancia de las centrales respecto a áreas y/o comunidades protegidas.** Es posible señalar que la Unidad 3 Olkaria colinda con el parque nacional Hell's Gate (6 Km), proponiendo medidas especiales en su estudio de impacto ambiental referidas a este parque. Menor es la distancia del proyecto Unidad Ciclo Binario 2 a la comunidad Caserío Buena Vista (100 metros) en El Salvador, dejándola en el área de influencia directa del proyecto. Al contrario que el caso anterior no se tienen medidas exclusivas para esta comunidad, sin embargo, el proyecto justifica esta decisión estimando que las actividades no tendrán perjuicio en la población.

Los proyectos nacionales, ambos, se encuentran a alrededor de 100 Km de la ciudad más cercana en la región respectiva. Dentro de sus Estudios de Impacto Ambiental no cuentan con medidas específicas para la población colindante como tampoco para las áreas protegidas cercanas (volcán Tolhuaca y reservas en el caso de Curacautín, salares y campo geotérmico El Tatio en el caso de Cerro Pabellón).

3.1.2. Comparación de Impactos y componentes ambientales

Se confeccionó las tablas que contienen los impactos identificados para cada central geotérmica analizada, mostrando también los componentes ambientales que están comprometidos y las medidas de mitigación, reparación y/o compensación para cada impacto, éstas se encuentran en el Anexo II (Tabla 8 a 19).

El primer análisis es la comparación de los componentes ambientales incorporados por los proyectos geotérmicos. Este arrojó un total de 11 componentes ambientales

analizados en la central Curacautín, 9 en la central Cerro Pabellón, 23 en la tercera unidad de Olkaria, Kenia y 25 en la Unidad de Ciclo Binario 2 de El Salvador (Ver Figura 16).

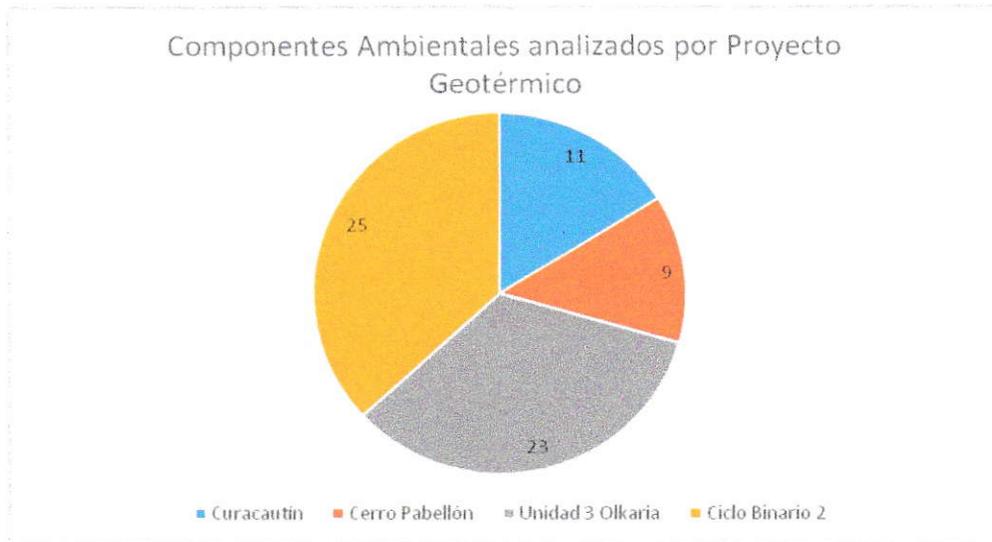


Figura 16: Número de componentes ambientales analizados por proyecto geotérmico.

Dentro de los componentes ambientales analizados en el proceso de evaluación ambiental, en proyectos geotérmicos nacionales, siete de ellos eran similares (ver Tabla 2).

Tabla 2: Similitud de Componentes ambientales analizados en el proceso de evaluación ambiental en las centrales geotérmicas nacionales.

Componentes ambientales similares en Proyectos Geotérmicos Nacionales
Calidad de Aire
Ruido
Flora y Vegetación
Fauna
Dimensión Socioeconómica
Infraestructura Vial
Paisaje

Estos componentes ambientales, a su vez, fueron correlacionados con los analizados en los proyectos internacionales, mostrando que los proyectos nacionales solo abordaron 7 componentes ambientales equivalentes frente a los proyectos extranjeros evidenciando una menor visión de los factores ambientales que rodean a una central geotérmica en el país (ver Tabla 3).

Tabla 3: Componentes ambientales similares en los proyectos extranjeros con los ya identificados nacionalmente.

Componente Ambiental Nacional identificado	Unidad 3 Olkaria	Ciclo Binario 2
Calidad de Aire	√	√
Ruido	√	√
Flora y Vegetación	√	Similar al componente "Cubierta Vegetal"
Fauna	√	Similar al componente "Especies Silvestres"
Dimensión Socioeconómica	Similar al componente "Oportunidad de Empleo"	Similar a los componentes "Economía local, Nacional, Empleo e Impuestos"
Infraestructura Vial	No se encuentra relacionado	Similar al componente "Tráfico"
Paisaje	Similar al componente "Intrusión Visual"	Similar al componente "Valor intrínseco del paisaje"

Ahora, al verificar los **componentes ambientales** que fueron evaluados en forma diferencial, se observa que en el proyecto geotérmico Unidad 3 Olkaria en Kenia presenta componentes ambientales del área de Salud pública, Seguridad ocupacional (Riesgos generales y seguridad en los campamentos) y Residuos (ya sea sólidos como el material de construcción o líquido como pequeños derrames de petróleo de las máquinas y vehículos como también de productos químicos) que son analizados mayormente en su estudio ambiental. Esto puede deberse a que este proyecto se encuentra cercano al parque nacional Hell's Gate y de la comunidad keniata de Naivasha, por lo tanto, debe considerar más factores asociados a la salud de las personas y de seguridad (Tabla 14 a la 18, Anexo II).

Mientras que en el proyecto geotérmico Ciclo Binario 2 de El Salvador se observan componentes ambientales de Suelo (Geomorfología, Calidad del suelo, Suelo orgánico, Uso del suelo y Permeabilidad) dándole un mayor énfasis en esta área al contrario que la Unidad 3 Olkaria, siendo que la comunidad más cercana está a 100 metros del área de influencia del proyecto.

El segundo análisis realizado corresponde a los **impactos ambientales** identificados en cada proyecto geotérmico, arrojando un total de 15 impactos para el proyecto central Curacautín, 11 en el proyecto central Cerro Pabellón, 23 en la tercera Unidad de Olkaria, Kenia y 25 en la unidad de Ciclo Binario 2 de El Salvador (ver Figura 17).

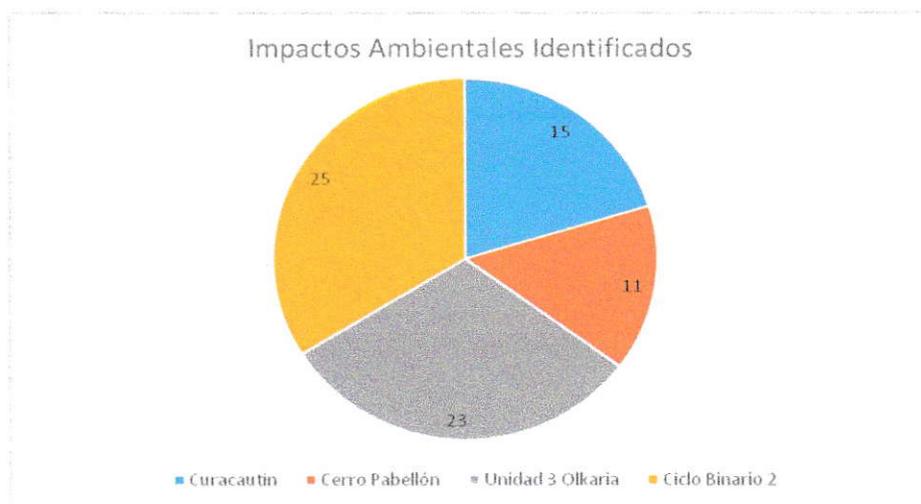


Figura 17: Número de impactos ambientales identificados por proyecto geotérmico.

Los impactos identificados de centrales nacionales, fueron relacionados y comparados con los identificados internacionalmente. De este análisis, es posible señalar que se obtuvo una similitud en doce de ellos como se muestra en la Tabla 4, en el cual uno de estos impactos (generación de ingresos locales y regionales) no tiene medidas en ninguno de los proyectos analizados, por considerarse un impacto positivo.

Tabla 4: Impactos ambientales concordantes entre los proyectos nacionales e internacionales.

Impactos Ambientales Similares
Deterioro de la calidad del aire por aumento de concentraciones de material particulado respirable
Emisión de gases de combustión y ácido sulfhídrico
Deterioro de la calidad acústica, aumento en los niveles de presión sonora
Potencial afectación a reservorios de agua (Superficiales y Subterráneas) y aguas termales
Alteración de ambientes vegetacionales
Afectación de especies de fauna y modificación de su hábitat
Aumento de la población del sector
Generación de empleo
Aumento en la ocupación de rutas
Perdida de superficie del suelo
Alteración del valor paisajístico y calidad
Generación de ingresos locales y regionales

El número de impactos ambientales identificados concuerda con el número de componentes ambientales en los proyectos internacionales (ver Figura 17), por lo que se tiene la misma cantidad de impactos que componentes ambientales. En cambio, en los proyectos nacionales tiende a aumentar sus impactos en referencia a sus componentes ambientales (tres o cuatro más), ya que un componente ambiental puede poseer más de un impacto ambiental. Independiente de la concordancia en números de componentes e impactos ambientales, los proyectos extranjeros siguen con una mayor cantidad en estas dos aristas.

Al igual que en el análisis anterior (componentes ambientales) la comparación de la Tabla 4 indica que las centrales internacionales poseen una mayor caracterización respecto de los impactos ambientales evaluados nacionalmente, ya que sólo comparten 12 impactos ambientales de los 23 o 25 ya identificados internacionalmente, por lo tanto se observa un análisis menos detallado (centrales geotérmicas nacionales) frente al medio ambiente que es posible impactar y repercutiendo, también, en las medidas de mitigación propuestas.

El análisis de los impactos ambientales en los cuatro proyectos geotérmicos es utilizado también para la comparación de lo que propone cada proyecto como

mitigación o propuestas ambientales en los estudios ambientales llevados a cabo frente a estos. Por lo tanto, los impactos ambientales, identificados en la Tabla 4, confeccionan la tabla comparativa de sus mitigaciones ambientales (Tabla 20 a la 25, Anexo II), discutiéndose cada impacto y sus propuestas en particular.

3.1.3. Comparación de las mitigaciones propuestas para los impactos identificados.

3.1.3.1. Calidad del aire

Como comparación general se observa que todos los proyectos geotérmicos poseen medidas de mitigación para este impacto, siendo la central geotérmica Unidad 3 Olkaria quien tiene una mayor cantidad de propuestas.

Ahora al comparar en forma detallada cada medida ambiental de los proyectos se mencionan propuestas mitigatorias como el riego de caminos, mantención de maquinaria (certificada y vigente) y el control de velocidad de vehículos, siendo estas tres las más relevantes en cada proyecto. Solamente en el proyecto geotérmico Ciclo Binario 2, de El Salvador se propone un plan de atención a emergencias para las actividades durante la construcción y operación de la planta mientras que el proyecto Cerro Pabellón en Chile, aparte del riego de caminos agrega una estabilización química del mismo, desde el campamento hacia las faenas, con Bischofita o un químico equivalente.

También se destaca, dentro de las comparaciones, la acción del proyecto Unidad 3 Olkaria en la cual propone la creación de conciencia en los trabajadores a través de programas educativos pagados, los cuales la gran mayoría son keniatas.

3.1.3.2. Emisión de gases

Las medidas relacionadas al impacto de Calidad de Aire, descritas anteriormente, también son consideradas para la emisión de gases, en los proyectos de Curacautín, Unidad 3 Olkaria y Ciclo Binario 2 dejando solo a la central geotérmica Cerro Pabellón con medidas exclusivas para este impacto ambiental.

Si bien el proyecto Curacautín tiene medidas mitigatorias compartidas entre Calidad de Aire y Emisión de gases, estas solo pueden ser atribuidas al impacto ambiental de

Calidad de Aire y no hace referencia a la emisión de gases específicos como el H₂S. Siguiendo esta línea en la planta geotérmica Cerro Pabellón no es distinto, a pesar de tener un apartado de medidas exclusivas que en contexto son las mismas que se proponen en el impacto ambiental "Calidad de Aire".

Solo el proyecto Unidad 3 Olkaria propone un seguimiento y monitoreo continuo de los gases no condensables que se emitirán en la planta geotérmica. La propuesta puede deberse a la cercanía del proyecto con el parque nacional Hell`s Gate, por lo que la emisión de estos gases sin ninguna precaución sería un impacto tremendo en la vida dentro del parque.

3.1.3.3. Ruido o deterioro de la calidad acústica.

Todos los proyectos geotérmicos analizados contienen medidas precautorias para este impacto, siendo la central Unidad 3 Olkaria quien tiene mayores propuestas establecidas, seguido por la planta nacional Cerro Pabellón.

Al analizar las medidas de los proyectos se encuentra que mayoritariamente son medidas generales y de prevención, como la mantención de la maquinaria (al igual que los impactos ambientales anteriores), elementos de protección personal como protectores auditivos, establecer una hora pertinente de trabajo como también la capacitación al personal entre otras.

Una de las medidas concretas que se observan es propuesta por la central Curacautín, dando la opción de colocar pantallas acústicas en los grupos electrógenos que serán ocupados en las faenas logrando opacar un porcentaje del ruido emitido.

3.1.3.4. Afectación a reservorios de agua (Superficial y Subterráneas) y aguas termales

Para este impacto ambiental solo las centrales geotérmicas Unidad 3 Olkaria y Ciclo Binario 2 tienen medidas de mitigación. Las centrales nacionales no cuentan con propuestas ambientales, por ejemplo, en el caso de la central Curacautín, donde este impacto ambiental es identificado, pero al no considerarse un impacto ambiental significativo (dentro de su Estudio de Impacto Ambiental) no se asigna una medida, en cambio la central Cerro Pabellón no identifica este impacto en sus estudios por lo tanto no se considera.

Analizando las mitigaciones planteadas en los proyectos geotérmicos internacionales, se observa que son propuestas de seguimiento, estudios y/o manejo de los desechos y derrames ocurridos en o alrededor de algún reservorio de agua cercano, por lo que pueden no considerarse como medidas de mitigación.

Se debe destacar que el seguimiento que se propone en la central Unidad 3 Olkaria, caracteriza los componentes químicos de las aguas estudiadas (en especial del Lago Naivasha) y las precipitaciones ocurridas en el lugar, aportando datos para un futuro catastro en la zona de influencia de la planta geotérmica como también de las industrias que se encuentran alrededor del Lago Naivasha (granjas de Floricultura y Horticultura). A su vez también propone la evaluación de estos parámetros a través de un estudio del impacto de los fluidos geotérmicos reinyectados en los pozos, sobre todo en relación a las aguas subterráneas del lugar.

3.1.3.5. Alteración de ambientes vegetacionales

Tres de los cuatro proyectos geotérmicos poseen medidas de mitigación para este impacto ambiental, donde la central nacional Curacautín corresponde al proyecto sin propuestas mitigatorias, siendo que este impacto está calificado como impacto negativo por el Estudio de Impacto Ambiental de la central no dando más detalles sobre ello. La planta Unidad 3 Olkaria sigue teniendo el número mayor de medidas asociadas al impacto ambiental.

Comparando las medidas de mitigación para este impacto ambiental, encontramos que en el proyecto Cerro Pabellón estas medidas están centradas principalmente en la exclusión de áreas delimitadas y excluidas del trabajo de construcción, para evitar afectar zonas con flora en categoría de conservación. Mientras que las medidas de las centrales extranjeras, como en la central geotérmica Unidad 3 Olkaria propone la rehabilitación o reforestación de las zonas afectadas, al igual que lo propuesto en el proyecto Ciclo Binario 2.

Una de las diferencias encontradas, comparando las mitigaciones nacionales y extranjeras, es que internacionalmente se otorga un mayor cuidado del material de desbroce (reciclaje y acopio) y la reinyección de todos los fluidos geotérmicos al fin de evitar los efectos tóxicos que se pueden provocar.

En cambio, las similitudes en las medidas propuestas, se centran charlas ambientales, como en el caso de los proyectos Cerro Pabellón y Ciclo Binario 2 inculcando la educación ambiental a sus trabajadores, mientras que la central Unidad 3 Olkaria este enfoque se proyecta en estudios de la vegetación del parque nacional y sus alrededores con el fin de evaluar los impactos de la central geotérmica.

Por lo tanto, las medidas más relevantes se orientan en la educación ambiental y en la toma de conciencia sobre el tema geotérmico en áreas con vegetación.

3.1.3.6. Fauna y modificación de hábitat

Todos los proyectos geotérmicos analizados tienen medidas de mitigación para este impacto ambiental, en la cual, la central nacional Cerro Pabellón ostenta el mayor número de propuestas. Para este impacto en particular se observan muchas medidas en cada proyecto, con un promedio de 7 por cada central geotérmica analizada.

Centrándonos en el análisis del impacto en sí, las centrales nacionales (Curacautín y Cerro Pabellón) consideran medidas de mitigación específicas. Por ejemplo, en la planta geotérmica Curacautín, estas medidas se enfocan en la especie *Lycalopex Sp* comúnmente llamado zorro, y especies de reptiles, también en la central Cerro Pabellón las medidas van dirigidas a especies de reptiles (especifico el lagarto de *Stolzmann*) y la vizcacha (*Lagidium viscacia*), para asegurar su conservación y evitar impactos sobre este tipo de fauna en el área de influencia de ambos proyectos.

Las similitudes encontradas en las medidas de los proyectos geotérmicos Curacautín, Cerro Pabellón y Unidad 3 Olkaria son enfocadas en la delimitación de áreas peligrosas dentro del área del proyecto, las cuales serán cercadas evitando que animales de mayor tamaño traspasen lugares de drenajes y de red de transporte de fluidos (como las líneas de vapor en la central Unidad 3 Olkaria), como también la puesta de señalética para el personal y visitantes al lugar de la planta.

Otra similitud en las medidas de las centrales, es el planteamiento de un programa de educación ambiental para el personal del proyecto sobre temas de conservación y cuidado de la fauna colindante. En la central Unidad 3 Olkaria se propone un estudio detallado para establecer el verdadero impacto de la planta geotérmica y recalando que los fluidos geotérmicos, sin exclusión, deben ser reinyectados a la fuente.

En el mismo contexto, las centrales Unidad 3 Olkaria y Ciclo Binario 2, tienen medidas precautorias sobre la rehabilitación o reforestación de las zonas donde el proyecto ha construido o ha despejado la flora del lugar, para solucionar la pérdida de hábitat. La rehabilitación mencionada debe ser con flora autóctona.

Se destaca que, dentro de las medidas propuestas en los proyectos nacionales, se menciona la prohibición de mascotas en el área de trabajo, ya que pueden considerarse depredadores sobre la fauna silvestre del lugar de la planta geotérmica.

3.1.3.7. Aumento de la población

Para este impacto ambiental sólo la central geotérmica Unidad 3 Olkaria posee medidas mitigatorias, sin embargo, esta medida delega la responsabilidad sobre el aumento de la población al consejo Municipal de Naivasha (Kenia), sin tomar mayores resguardos y no resultando en sí una mitigación.

En los proyectos Cerro Pabellón y Ciclo Binario 2 no se identifica este impacto ambiental dentro del proyecto y en la central Curacautín no ostenta medidas pese a ser identificado como un impacto negativo.

3.1.3.8. Generación de empleo

Este impacto ambiental positivo no cuenta con medidas en tres de los cuatro proyectos, pero si se encuentra identificado dentro de los Estudios de Impacto Ambiental de cada proyecto.

Es posible que al ser un impacto positivo no requiera de medidas mitigatorias, sin embargo, la central Unidad 3 Olkaria cuenta con precauciones, como, por ejemplo: contratar personal de asentamientos cercanos y tener un porcentaje fijo de contratación de mujeres, que más bien son sugerencias para enfrentar este impacto ambiental.

3.1.3.9. Aumento en la ocupación de rutas

Sólo en el proyecto Unidad 3 Olkaria no se encuentra identificado este impacto ambiental. Mientras que las medidas propuestas por las demás centrales, se centran específicamente en la señalización de seguridad vial, control de la velocidad de circulación de los vehículos y maquinaria sobre estas rutas.

Por su parte, la planta salvadoreña Ciclo Binario 2, propone capacitación al personal sobre la seguridad necesaria para la construcción y operación de la central, y es el proyecto con mayor cantidad de medidas de mitigación (3 propuestas).

3.1.3.10. Pérdida de superficie de suelo

En este impacto ambiental, nuevamente el proyecto geotérmico Unidad 3 Olkaria concentra el mayor número de medidas mitigatorias registradas (8 propuestas) mientras que en la central Cerro Pabellón no se identifica este impacto ambiental lo cual parece extraño, ya que el otro proyecto geotérmico nacional lo incluye en sus estudios.

Las medidas expuestas por los proyectos Curacautín y Unidad 3 Olkaria tratan, en gran medida, de aseverar que la intervención del proyecto geotérmico será únicamente en las áreas consideradas, gestionando correctamente sus actividades para no perturbar otras áreas innecesariamente. La central geotérmica Unidad 3 Olkaria, también, propone sugerencias a la hora del movimiento de tierra en la construcción de la planta (como, por ejemplo; debe llevarse a cabo en la estación seca del año) y una alta preocupación y control de la erosión, que puede provocarse a lo largo de las líneas de vapor de la central geotérmica.

Por el impacto ambiental de la pérdida de suelo, tanto la central Ciclo Binario 2 como Unidad 3 Olkaria plantean en sus medidas mitigatorias, la reforestación inmediata de las áreas intervenidas destacando que en el proyecto Ciclo Binario 2 se tiene un programa de acopio y disposición de suelo orgánico removido.

3.1.3.11. Alteración del valor y calidad paisajística

Con respecto a este impacto ambiental, la central nacional Curacautín no posee medidas de mitigación a pesar de encontrarse identificado en su estudio de impacto ambiental, que lo califica como un impacto negativo, pero no significativo.

No así, en el otro proyecto geotérmico chileno, Cerro Pabellón, que propone medidas especiales como el uso de materiales y fachadas a color, para que la central geotérmica pueda armonizarse con el entorno. También incluye la reutilización del excedente del material en excavación en otras actividades que se necesite.

La central Unidad 3 Olkaria centra sus medidas, nuevamente, en la reforestación inmediata al término del movimiento de tierra y, como en impactos ambientales anteriores, sigue teniendo la mayor cantidad de medidas propuestas.

Por último, el proyecto Ciclo Binario 2 opta, en sus medidas, por la creación de una cerca viva (barrera de plantas) para amortiguar la vista de la construcción, en específico con árboles de Ojushte.

3.2. Comparación y análisis de emisiones declaradas en centrales geotérmicas y convencionales

La Tabla 5, a continuación, indica las centrales geotérmicas y aquellas que generan en base a carbón y petróleo seleccionadas para el análisis comparativo de las emisiones producidas por cada una de ellas.

Tabla 5: Centrales seleccionadas para efectos de comparación de sus emisiones.

Parámetro/Central	3° Unidad Olkaria, Kenia	Unidad Ciclo Binario 2, El Salvador	Curacautín, Chile	Cerro Pabellón, Chile	Bocamina Segunda Unidad	Diego de Almagro
Tipo de Central	Geotérmica	Geotérmica	Geotérmica	Geotérmica	Termoeléctrica a carbón	Termoeléctrica a petróleo
Generación Instalada	35 MW	6 MW	70 MW	50 MW	350 MW	46,8 MW

A su vez, en la siguiente tabla se muestra las emisiones declaradas por cada proyecto, a partir de lo informado en los estudios de impacto ambiental elaborados para cada uno. Cabe destacar que los estudios revisados no contenían información sobre algunos contaminantes que se analizan, por lo las comparaciones fueron limitadas.

Tabla 6: Emisiones de cada proyecto analizado, geotérmico, carbón y petróleo.

Central/Contaminante	MP10	SO _x	NO _x	CO	H ₂ S	CO ₂
3° Unidad Olkaria	-	-	-	-	1350 ~ 1500 µg/m ³ (0,9 ~ 1 ppm)	Menos de 5% del emitido por plantas a combustión fósil
Unidad Ciclo Binario 2	-	-	-	-	4,5 ~ 13,5 µg/m ³ (0,003 ~ 0,009 ppm)*	5,7*10 ⁵ ~ 6,16*10 ⁵ µg/m ³ (294 ~ 318 ppm)*
Curacautín	12,001 µg/m ³	0,04948 ton/año	21,95556 ton/año	6,17051 ton/año	49,338 µg/m ³	-
Cerro Pabellón	0,9 µg/m ³	0,01 µg/m ³	6,6 µg/m ³	12,4 µg/m ³	24,6 µg/m ³	-
Bocamina Segunda U.	1 µg/m ³	17 µg/m ³	16 µg/m ³	20 µg/m ³	-	-
Diego de Almagro	40 µg/m ³	64,9 µg/m ³	17 µg/m ³	112,5 µg/m ³	-	-

* Datos de Línea Base

La Tabla 6 indica las emisiones cuantificables y esperadas de las centrales geotérmicas, central a carbón y también a petróleo. Desde esta tabla se observa que, solo las centrales energéticas nacionales, independiente de su fuente, tienen predicciones en sus emisiones de MP10, SO_x, NO_x y CO, por lo que no es posible comparar estos parámetros desde una perspectiva internacional.

Ahora, al comparar las emisiones de las centrales geotérmicas, nacionales y extranjeras, además de tener en cuenta que no se tiene información de algunas emisiones (MP10, SO_x, NO_x y CO, mencionados anteriormente), solamente es comparable las emisiones de H₂S en la totalidad de las centrales geotérmicas.

Por lo tanto, de las cuatro centrales geotérmicas, el proyecto Ciclo Binario 2 tiene la menor tasa de emisión de H₂S con valores oscilantes entre 4,5 a 13,5 µg/m³ y la mayor tasa oscila entre concentraciones de 1350 a 1500 µg/m³ (0,9 a 1 ppm) correspondiente a la central Unidad 3 Olkaria. Las plantas geotérmicas nacionales tienen concentraciones entre los valores mencionados anteriormente, por lo que la central Curacautín tiene una estimación fija de emisión de H₂S de 49,4 µg/m³ y la central Cerro Pabellón con valores fijos de emisión de 24,6 µg/m³.

Frente a estas estimaciones es posible ver que las concentraciones consideradas en el proyecto geotérmico internacional Unidad 3 Olkaria, son 30 veces mayor a las emisiones estimadas en la central Curacautín (central nacional con la mayor estimación de emisión), sin embargo y a pesar de declarar una elevada emisión de H_2S , esta no supera la norma establecida en Kenia (en sus estudios establece que el límite de emisión es de 10 ppm en un periodo de 8 h).

Por lo tanto, en emisión estimada de H_2S la central salvadoreña Ciclo Binario 2 tiene la menor tasa, lo sigue las centrales nacionales Cerro Pabellón y Curacautín, y por último con la mayor tasa de emisión la central keniana Unidad 3 Olkaria, posicionando a las geotérmicas nacionales entre ambas centrales internacionales y destacando que no sobrepasan los límites de emisión establecidos en cada país.

Por otro lado, al momento de comparar los demás contaminantes de la Tabla 6, no se cuenta con toda la información necesaria, ya que las centrales extranjeras no cuentan con las estimaciones de MP_{10} , SO_x , NO_x y CO en sus estudios, pero proporcionan estimaciones de CO_2 lo cual no sucede con las demás centrales energéticas.

De igual manera se puede analizar las estimaciones en el plano nacional, comparando la geotermia con los combustibles fósiles.

Las emisiones estimadas en las centrales geotérmicas, concentrándonos en los contaminantes MP_{10} , SO_x , NO_x y CO , no exceden los $13 \mu g/m^3$, inclusive con los valores estimados de la central geotérmica Curacautín que están en toneladas/año (se puede ajustar una emisión Kg/h con conversión cruzada). Por el contrario, en las centrales a carbón y petróleo el valor estimado máximo encontrado es de $112,5 \mu g/m^3$ (Termoeléctrica Diego de Almagro).

De esta manera se observa la marcada diferencia entre las estimaciones máximas de las emisiones en las centrales geotérmicas, a carbón y petróleo, alcanzando distintos niveles. En algunos casos, este contraste en las estimaciones de las centrales convencionales llega tener una concentración 100 veces más que las geotérmicas, como se observa en el contaminante CO , comparando la central geotérmica Cerro Pabellón ($12,4 \mu g/m^3$) con la termoeléctrica Diego de Almagro ($112,5 \mu g/m^3$).

Otro aspecto que nos indica esta diferencia en la Tabla 6, es que el valor máximo encontrado en las centrales geotérmicas se encuentra entre los valores mínimos en las centrales convencionales, por lo que en emisiones se trata, las estimadas por los proyectos en base a carbón y petróleo superan con creces a los datos de las plantas geotérmicas.

Se demuestra que las emisiones de las centrales energéticas convencionales, son más elevadas que las centrales geotérmicas en el plano nacional, sin embargo, estas estimaciones no sobrepasan las normas de calidad de aire (ver Figura 18) establecidas por la Superintendencia del Medio Ambiente.

Normas de calidad del aire vigentes en Chile			
Parámetro	Período temporal	Norma, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [*]	Superación de norma
PM10	Anual	50	Se supera si el promedio aritmético de 3 años consecutivos $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 hr	150	Se supera si el percentil 98 (9° valor) del año sobrepasa la norma
O ₃	Móvil de 8 hrs	120	Se supera si el promedio aritmético de 3 años consecutivos del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 hr registrados en un año calendario es $> a 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$
SO ₂	Anual	80	Se supera si el promedio aritmético de 3 años consecutivos $> 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 hr	250	Se supera si el promedio aritmético de 3 años consecutivos del percentil 99 $> a 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	Anual	100	Se supera si el promedio aritmético de 3 años consecutivos es $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	1 hr	400	Se supera si el promedio aritmético de 3 años consecutivos del percentil 99 de los máximos diarios de 1 hr registrados en un año calendario es $> a 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$
CO	8 hrs.	10	Se supera cuando el promedio aritmético de 3 años consecutivos del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 hrs registrados en 1 año calendario es $> 10 \text{ mg}/\text{Nm}^3$
	1 hr	30	Se supera si el promedio aritmético de 3 años consecutivos del percentil 99 de los máximos diarios de 1 hr registrados en un año calendario es $> a 30 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ [*]

Figura 18: Normas de calidad del aire vigentes en el país (Ingeniería UC, 2009)

3.3. Creación y análisis de mapas con áreas protegidas y concesiones geotérmicas.

Los mapas confeccionados entre áreas protegidas y concesiones geotérmicas fueron 12, las cuales corresponden a 12 regiones del país. Los mapas elaborados se encuentran en el Anexo I.

Luego de la elaboración de los mapas, se correlacionan en sentido de cercanía, para ver la factibilidad de la instalación de una central geotérmica.

En 12 de las 15 regiones de Chile se pueden encontrar concesiones geotérmicas, ya sean de explotación o exploración, concentrando la mayor cantidad de estas en la zona norte del país. Centrándonos en esta misma zona, observamos que las concesiones exploratorias se agrupan junto a diversos salares y zonas cordilleranas, mientras que en la zona sur las concesiones se centran en las faldas de volcanes y también en lugares cordilleranos, sin embargo, están más colindantes con áreas protegidas.

Es más, se encontró que dos concesiones de exploración geotérmicas están ubicadas dentro o en los límites de áreas protegidas. Una en la Región de Arica y Parinacota donde la concesión Polloquere 1 se encuentra dentro del área delimitada para el Sitio Ramsar Salar de Surire y la otra en la Región Metropolitana donde la concesión San José II se encuentra en el Santuario de la Naturaleza Yerba Loca. Como se describe en la introducción, las fuentes geotérmicas suelen estar en lugares de gran belleza y de alto valor turístico, como lo ocurrido en estas dos situaciones donde estas concesiones de exploración geotérmica concuerdan con áreas protegidas, por lo tanto, se puede generar un problema en la realización de estas exploraciones o si esta concesión está disponible para explotar.

En la Ley N°19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente dispone de un listado de efectos, características o circunstancias (artículo 11, letra d) que establece al proyecto presentado sea sometido a un Estudio de Impacto Ambiental si está localizado en o próximo a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar. Por lo tanto, la

ley deja la protección de estas áreas sólo a un estudio, aumentando la posibilidad de instalar un proyecto energético u otra índole en un área protegida.

Considerando lo anterior, un gran porcentaje de las concesiones geotérmicas se encuentran cercanas a áreas protegidas por lo que deberían ser ingresadas por un Estudio de Impacto Ambiental. Sin embargo, la superficie de influencia de una planta geotérmica varía según el sistema geotérmico ocupado, pero sigue siendo menor a otras plantas energéticas (ver Tabla 7).

Tabla 7: Superficie ocupada por plantas eléctricas, no incluye los gasoductos. (Costos de la generación geotérmica, 2007).

Plantas Eléctricas	Superficie ocupada (ha/MW)
Geotermia	0,1 – 0,3
Turbina de gas Natural	0,3 – 0,8
Carbón Ciclo de Vapor	0,8 – 8
Hidroeléctrico	2,4 - 1000

En las concesiones de explotación geotérmica analizadas, dos de ellas se encuentran en construcción, la explotación “Apacheta” y “San Gregorio” que corresponden a las centrales geotérmicas Cerro Pabellón y Curacautín respectivamente.

Al observar estas concesiones en los mapas, en los alrededores de la explotación Apacheta, no se encuentran áreas protegidas en las cuales pueda tener algún efecto los posibles impactos ambientales, si no que se localizan dos concesiones de exploración (Paniri y San Pablo II) y, además, se encuentra el campo geotérmico El Tatio a menos de 100 km (en el cual también se encuentra la concesión de explotación El Tatio).

El caso de la concesión San Gregorio y la construcción de la central Curacautín, es distinto al descrito anteriormente (concesión Apacheta), ya que se localiza en una región con varias áreas protegidas, de las cuales 4 están cercanas a esta concesión de explotación (menos de 100 Km). En esta zona se encuentran el volcán Tolhuaca y el

Parque Nacional Tolhuaca, además de varias lagunas y bosques de araucarias, lo que puede dificultar en algo la implementación de la central geotérmica.

Si bien, la cercanía de estas concesiones geotérmicas a las áreas y comunidades protegidas puede ser un impedimento para la explotación de estas fuentes, en otros lugares (por ejemplo, Islandia) ha sido de ayuda para el turismo dando a conocer estos lugares al mundo, teniendo una relación simbiótica, sobre todo ahora que está en proyecto la creación de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas.



IV. DISCUSIÓN

La alternativa de una diversificación de la matriz energética en Chile cada vez es más favorable, como también la posibilidad de generar energía eléctrica por medios menos contaminantes e invasivos. Existe un gran potencial en las distintas concesiones de explotación geotérmicas en el país, que implica, entre otras características, una baja emisión de contaminantes con respecto a las centrales convencionales y la probabilidad de coexistir con las áreas protegidas cercanas a estas fuentes geotermiales a través de una buena gestión.

Sin embargo, y a pesar de no ser un tema nuevo en el país, solo 2 proyectos geotérmicos están en construcción a la fecha. Por lo que puede haber varios factores que influyan en que la geotermia, no sea un atractivo energético en Chile.

No hay una política pública para la implementación de la geotermia, solo nos encontramos con una ley que otorgar concesiones geotérmicas y concede algunos parámetros para su explotación o exploración. Económicamente, su costo es mayor que otras fuentes de energía, pero su precio de construcción ha disminuido en los últimos años. Ambientalmente, las fuentes geotérmicas han tenido trabas por efecto de su cercanía a sitios de gran belleza paisajística donde el turismo es un componente relevante, o están establecidos pueblos originarios.

Uno de los casos emblemáticos de daño ambiental, es la rotura de una tubería, al momento de reinyectar los fluidos geotérmicos, en una de las perforaciones de la exploración el Tatio, Región de Antofagasta en el 2008. La fuga causó indignación en la ciudadanía y reveló la falta de mayor institucionalidad en la protección de patrimonios naturales como en la investigación de la geotermia, también provocó la paralización de las exploraciones geotérmicas en la segunda región en ese momento.

No obstante, la apreciación social actual de las centrales geotérmicas no es conocida ya que los estudios a la geotermia en el país son muy pocos desde esa fecha, por lo que la sociedad no relaciona esta forma de generación de energía con las ERNC.

A pesar de todo, las comparaciones realizadas en este estudio demuestran que la energía geotérmica en Chile es favorable, considerándose una alternativa viable para

el cambio en la matriz energética, pero con algunas consideraciones o reparaciones en las cuales se debe trabajar.

Los proyectos geotérmicos nacionales tienen un análisis menos detallado que las centrales geotérmicas extranjeras en el manejo y predicción de los impactos ambientales. Es decir, las geotérmicas internacionales están más preparadas para enfrentar dichos impactos ambientales, teniendo una mayor cantidad de parámetros analizados, como, por ejemplo, más componentes ambientales para un mayor enfoque en los alrededores de la planta geotérmica a construir. Esto también se evidencia en las medidas de mitigación propuestas por los proyectos extranjeros frente a los impactos ambientales, dado que van en un ámbito de evitar, a toda costa, cualquier intervención innecesaria en el ambiente como también la preocupación y seguridad de trabajadores y la población cercana al proyecto.

Esta rigurosidad en los estudios de impacto ambiental, por parte de las centrales extranjeras, puede deberse a la procedencia de las empresas que impulsan estos proyectos geotérmicos, como la central Olkaria III en Kenia que pertenece a la estadounidense Ormat Technologies Inc, contemplando más parámetros a analizar en sus estudios debido, probablemente, a las políticas ambientales de Estados Unidos.

Otra de las razones y con más validas, es por la política ambiental del país donde se instalan las centrales como también la creación de instituciones estatales o semipúblicas que estén a favor de estas políticas, como lo es la empresa geotérmica keniana KenGen (encargada de las centrales geotérmicas Olkaria I y Olkaria II) y la empresa LaGeo (Ciclo Binario 2) que surgió en el proceso de modernización el estado salvadoreño.

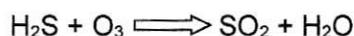
Por otra parte, la relación que se tiene entre áreas protegida y las concesiones geotérmicas es directa, debido a su cercanía, pero esto no impide la viabilidad de construir e implementar una planta energética con fuentes geotérmicas en el territorio nacional, sino que, con la gestión adecuada estas áreas protegidas pueden ser potenciadas. También con las comparaciones efectuadas, no es posible aseverar que la construcción de centrales geotérmicas en Chile es desfavorable en este ámbito, ya que es posible una convivencia entre la geotermia y el medio ambiente, como lo demuestra el proyecto geotérmico Unidad 3 Olkaria, en Kenia, donde tiene a menos de

6 Km un parque nacional con el cual contribuye energéticamente y con visitas guiadas para mejorar el turismo. También se destaca la Laguna Azul, en el campo geotérmico Svartsengi, Islandia, que tiene una simbiosis particular entre geotermia y turismo.

El análisis de los datos de las emisiones declaradas en centrales geotérmicas como también en las plantas o termoeléctricas a carbón y petróleo, demostraron lo ya conocido y esperado, los proyectos geotérmicos emiten menos gases contaminantes (medidos en concentración, $\mu\text{g}/\text{m}^3$) que las centrales convencionales. Si bien la comparación fue solo hecha con las plantas geotérmicas nacionales, ya que los proyectos extranjeros no cuentan con la información adecuada, las emisiones declaradas suponen una gran diferencia por lo que se puede conjeturar que frente a las centrales internacionales esta diferencia sería mucho mayor.

Si bien el principal gas emitido por las plantas geotérmicas es el Ácido sulfhídrico que es más reactivo que el Dióxido o Monóxido de carbono emitido por las plantas convencionales, las proporciones de estos dos gases en ambas centrales (geotérmicas y carbón o petróleo) son muy diferentes, por lo que la reactividad pasaría a segundo plano ya que la concentración es muy baja por lo tanto su relación con otras moléculas en la atmósfera no sería la misma en ambos gases (cambia el equilibrio en la reacción química, Principio de Le Chatelier).

En la siguiente ecuación química se demuestra la rápida oxidación que tiene el H_2S en la atmósfera, dando paso al SO_2 , precursor de la lluvia ácida, quien, a su vez también se oxida para obtener el Ácido sulfuroso (H_2SO_3), mientras que el CO_2 se mantiene estable en la atmósfera.



Finalmente, con los análisis elaborados, la opción de diversificación de la matriz energética en Chile con la alternativa de la geotermia es favorable, desde el punto de vista ambiental como geográficamente. Las concesiones geotérmicas encontradas muestran que la relación entre estas fuentes y las áreas protegidas del país es directa, sin embargo esto no impide que pueda haber un beneficio para ambas partes con una buena gestión, con dos centrales en construcción con una base, en componentes e impactos ambientales como también medidas mitigatorias, similar a proyectos extranjeros, y con emisiones estimadas por debajo de las consideradas en las

centrales convencionales, da a la geotermia una alta posibilidad de consolidarse en Chile.

V. CONCLUSIONES

- En base a las comparaciones realizadas y el análisis efectuado, con respecto a la energía geotérmica y los problemas ambientales que conlleva, se puede afirmar que esta es una alternativa viable como opción de diversificación de la matriz energética en Chile, lo anterior debido a que las concesiones geotérmicas otorgadas a la fecha, muestran que la cercanía entre estas fuentes y las áreas protegidas del país no impide la construcción de estas centrales, en la medida que los proyectos sean desarrollados en forma sustentable y con un beneficio mutuo.
- A partir de los mapas geográficos elaborados, se determinó que existe un gran potencial geotérmico desarrollable en Chile que cumple con los estándares legales establecidos, reafirmando lo dicho en el párrafo anterior, ya que, de las 82 concesiones geotérmicas existentes en el país, sólo dos de ellas se ubican dentro de los límites propuestos para áreas protegidas. Además, existen experiencias en el extranjero, proyecto geotérmico Unidad 3 Olkaria, en Kenia, que se ubica a menos de 6 Km de un parque nacional. Ejemplo que podría ser estudiado para aplicar sus herramientas de gestión ambiental en Chile.
- El análisis comparativo de los impactos y medidas ambientales de proyectos geotérmicos nacionales y extranjeros demostró que éstos últimos realizan un análisis más detallado, un enfoque distinto en sus propuestas y una perspectiva más amplia frente a lo que rodea una central energética, caracterizando una mayor cantidad de componentes ambientales, evaluando una mayor cantidad de impactos ambientales, proponiendo estudios complementarios para efectos de sustentabilidad del proyecto.
- Por último, y en base a las comparaciones realizadas, las emisiones declaradas en las plantas geotérmicas son menores a las declaradas para centrales convencionales (carbón y petróleo) en cualquier contaminante comparado, por lo tanto, los riesgos sanitarios involucrados en los gases y fluidos de los proyectos geotérmicos también son menores.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Barbier Enrico. 2002. Geothermal energy technology and current status: an overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 6, 3-65.
- Bayer Peter; Rybach Ladislaus; Blum Philipp; Brauchler Ralf. 2013. Review on life cycle environmental effects of geothermal power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 26, 447-460.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Desarrollo energético vs protección ambiental: el caso de El Tatio y la geotermia. 2009. [En línea] <<http://www.bcn.cl/de-que-se-habla/desarrollo-energetico-proteccion-ambiental-tatio-geotermia>>
- Borović Staša; Marković Izidora. 2015. Utilization and tourism valorisation of geothermal waters in Croatia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 44, 52-63.
- Brian F. Towler. 2014. Chapter 11- Geothermal Energy. En: *The Future of Energy*. 1ª ed. UK, Academic Press. 237-256.
- Centro de excelencia en geotermia de los Andes, CEGA. ¿Qué es la Energía Geotérmica? 2013. [En línea] <<http://www.cega.ing.uchile.cl/cega/index.php/es/informacionde-interes-ique-es-la-energia-geotermica>>.
- Comunidad Eduambiental. Capítulo 21 Energía Geotérmica. [En línea]. <<http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo21.pdf>>.
- Costos de la generación geotérmica, Buenos Aires 2007. [En línea] http://materias.fi.uba.ar/6723/pdf/Costos_de_la_Generaci_n_Geot_rmica%5b1%5d.pdf.
- Energías Renovables. Geotérmica: Estados Unidos, Líder en geotérmica en el mundo. 2012. [En línea] <http://www.energias-renovables.com/articulo/lider-en-geotermica-en-el-mundo>.
- Geotermia: Una fuente de energía limpia y renovable. *Energía Andina*. 2010. [En línea]. <http://www.energiandina.cl/2010/10/geotermia-una-fuente-de-energia-limpia-y-renovable>.
- Ingeniería UC, actual normativa chilena. 2009. [En línea] <http://web.ing.puc.cl/~power/alumno09/emisiones/normchile.html>.
- Kristmannsdóttir H.; Ármannsson H. 2003. Environmental aspects of geothermal energy utilization. *Geothermics*. 32: 451-461.
- Ogola Pacifica F. Achieng; Davidsdottir Brynhildur, Birgir Fridleifsson Ingvar. 2012. Potential contribution of geothermal energy to climate change adaptation: A case study of the arid and semi-arid eastern Baringo lowlands, Kenya. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16, 4222-4246.
- Pontificia Universidad Católica de Chile, 2009. Energía Geotérmica. [En línea] <http://impactosrenovables.blogspot.com/2009/05/energia-geotermica_24.html>.

- Ruth Shortall, Brynhildur Davidsdottir y Guðni Axelsson. 2014. Geothermal energy for Sustainable development: A review of sustainability impacts and assessment frameworks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 44, 391-406.

ANEXO I

A continuación, se muestran los mapas elaborados para la comparación de las áreas protegidas y las concesiones geotérmicas cercanas a estas áreas. Las áreas protegidas (ya sean parques, reservas, monumentos o santuarios) se encuentran delimitadas y de color verde, mientras que las concesiones, divididas en explotaciones (morados) y exploraciones (azules), se encuentran indicadas por puntos y el nombre de la concesión encuadrado.

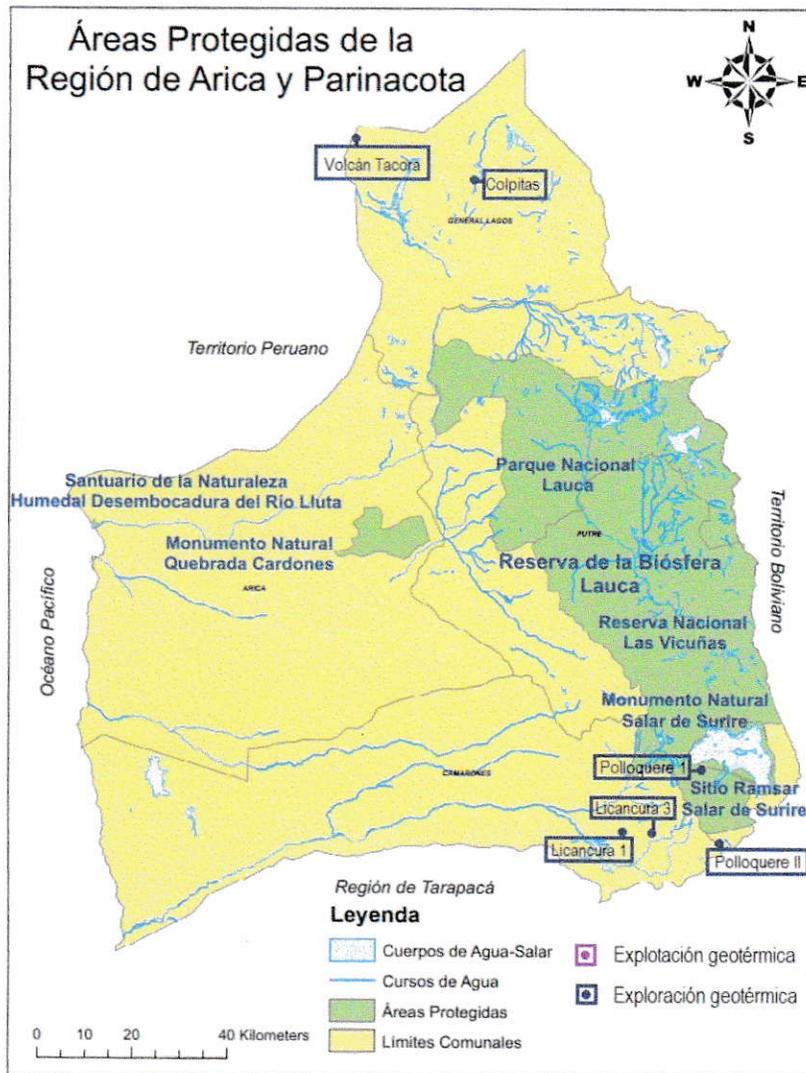


Figura 19: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Arica y Parinacota.

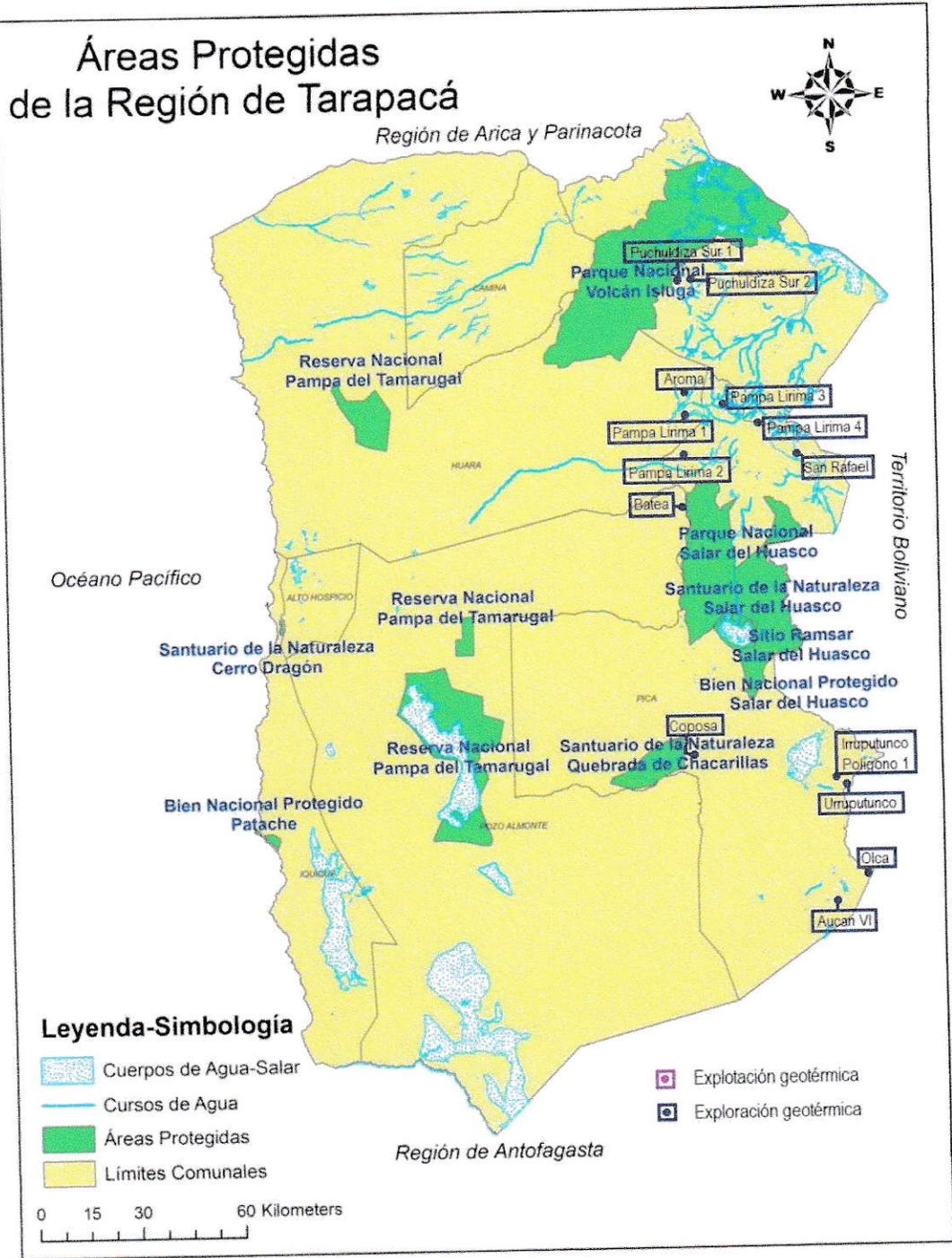


Figura 20: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Tarapacá.

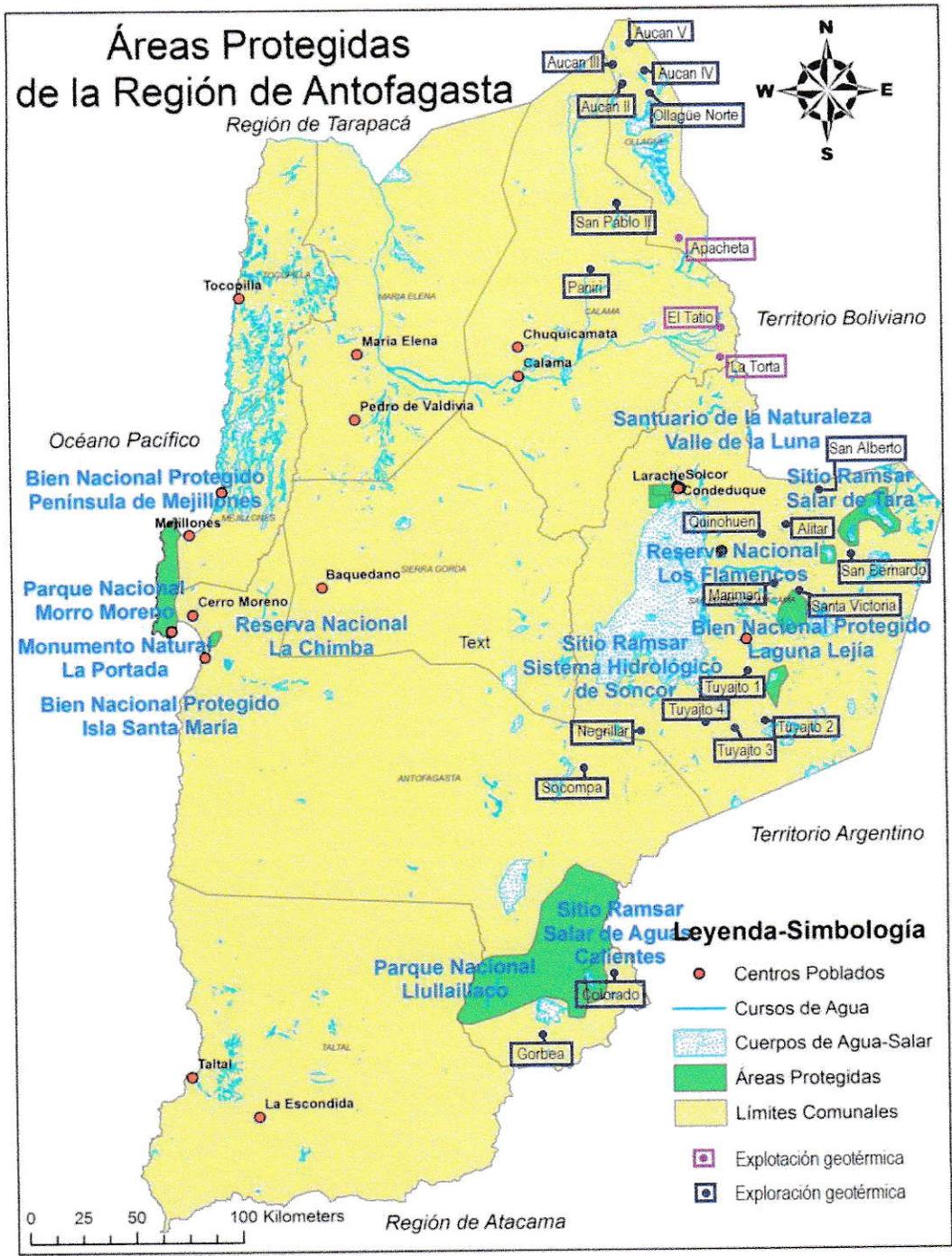


Figura 21: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Antofagasta.

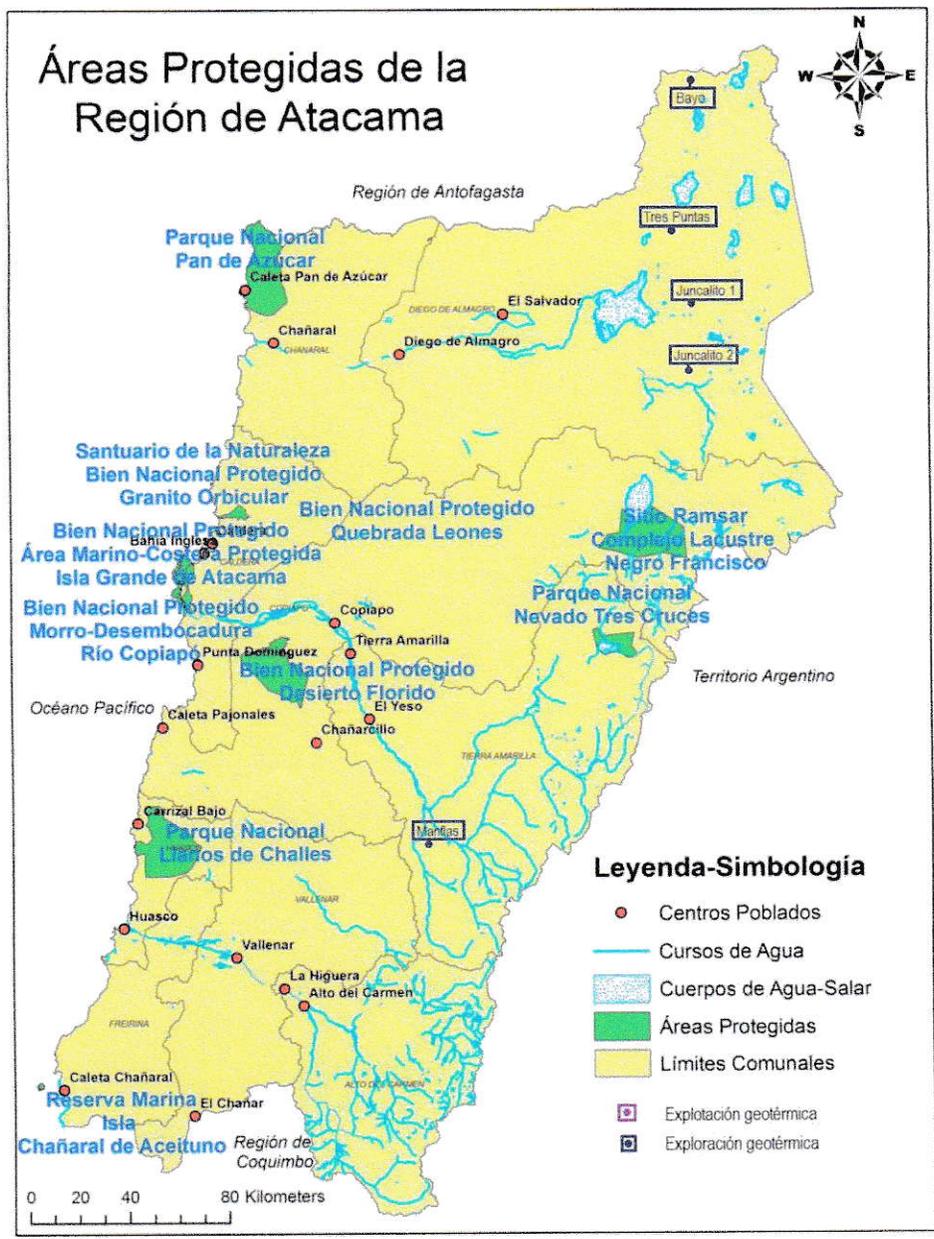
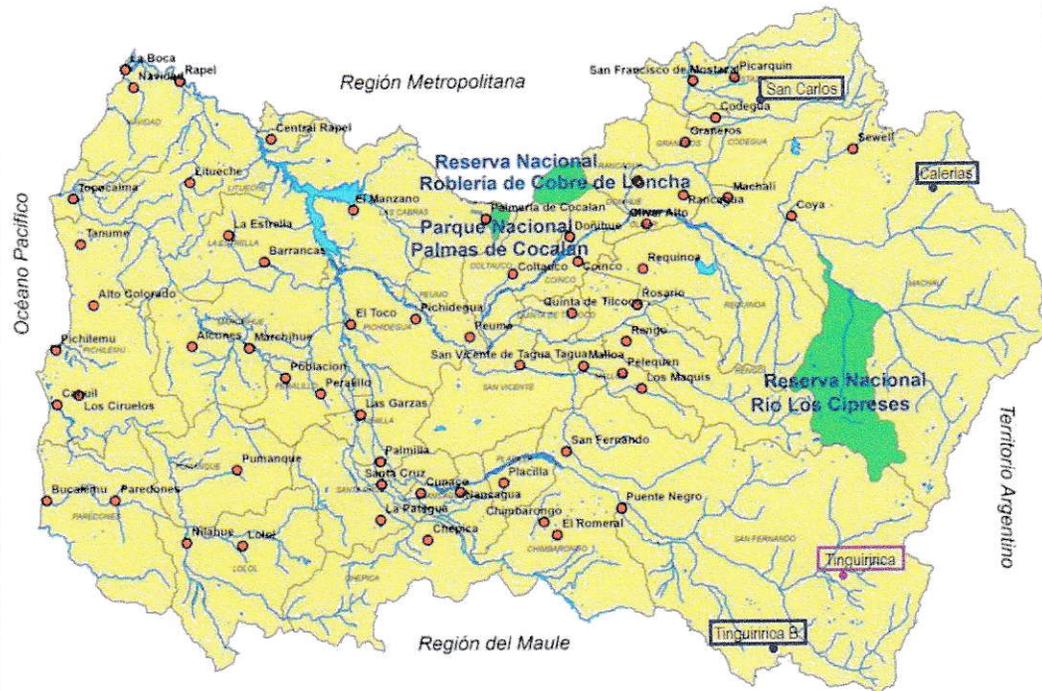


Figura 22: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Atacama.



Figura 23: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Coquimbo.

Áreas Protegidas de la Región de O'Higgins



Legenda-Simbología

- Centros Poblados
- Cursos o Cuerpos de Agua
- Áreas Protegidas
- Límites Comunales
- Explotación geotérmica
- Exploración geotérmica

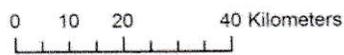


Figura 25: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región B. O'Higgins.

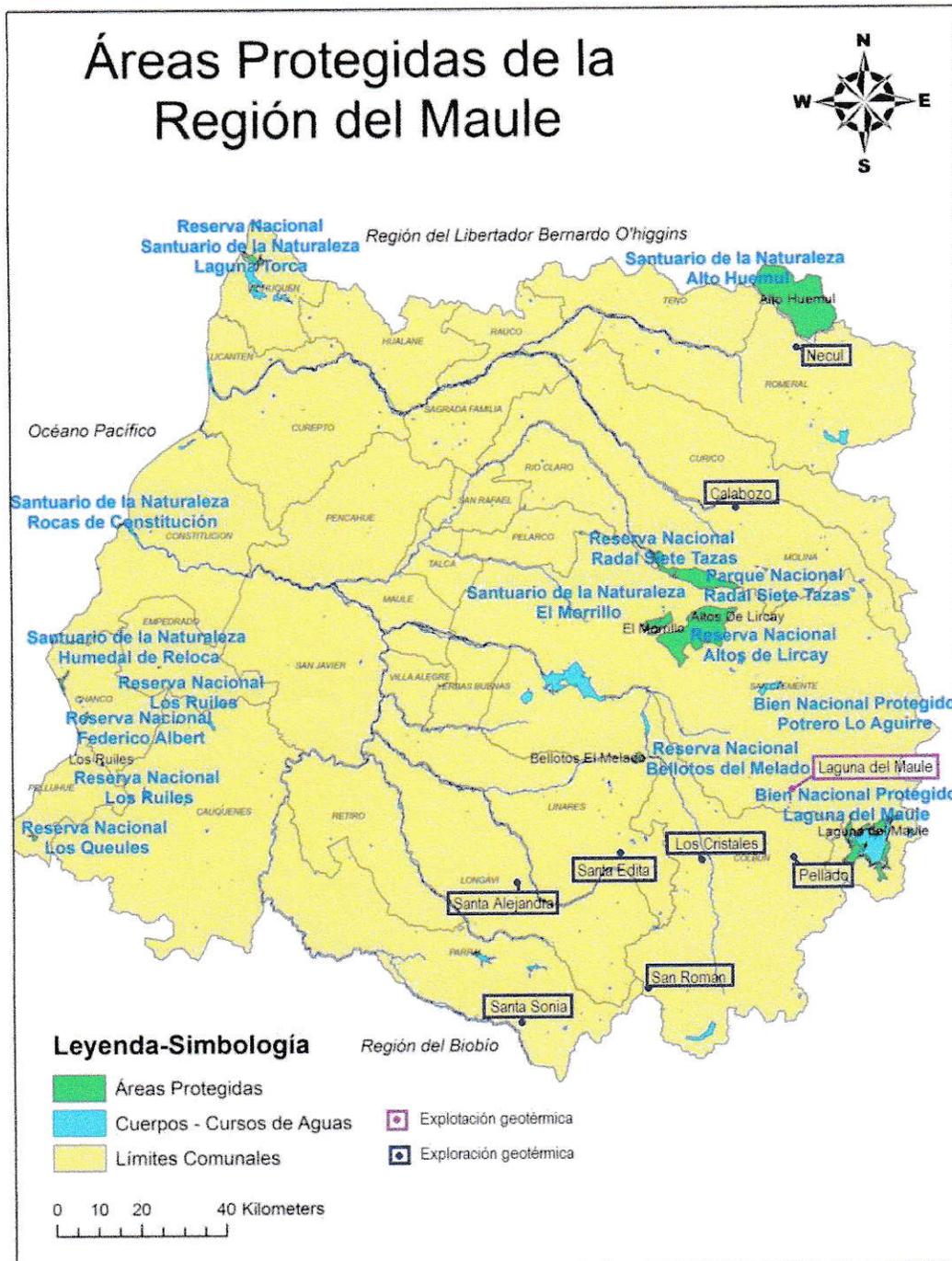


Figura 26: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región del Maule.

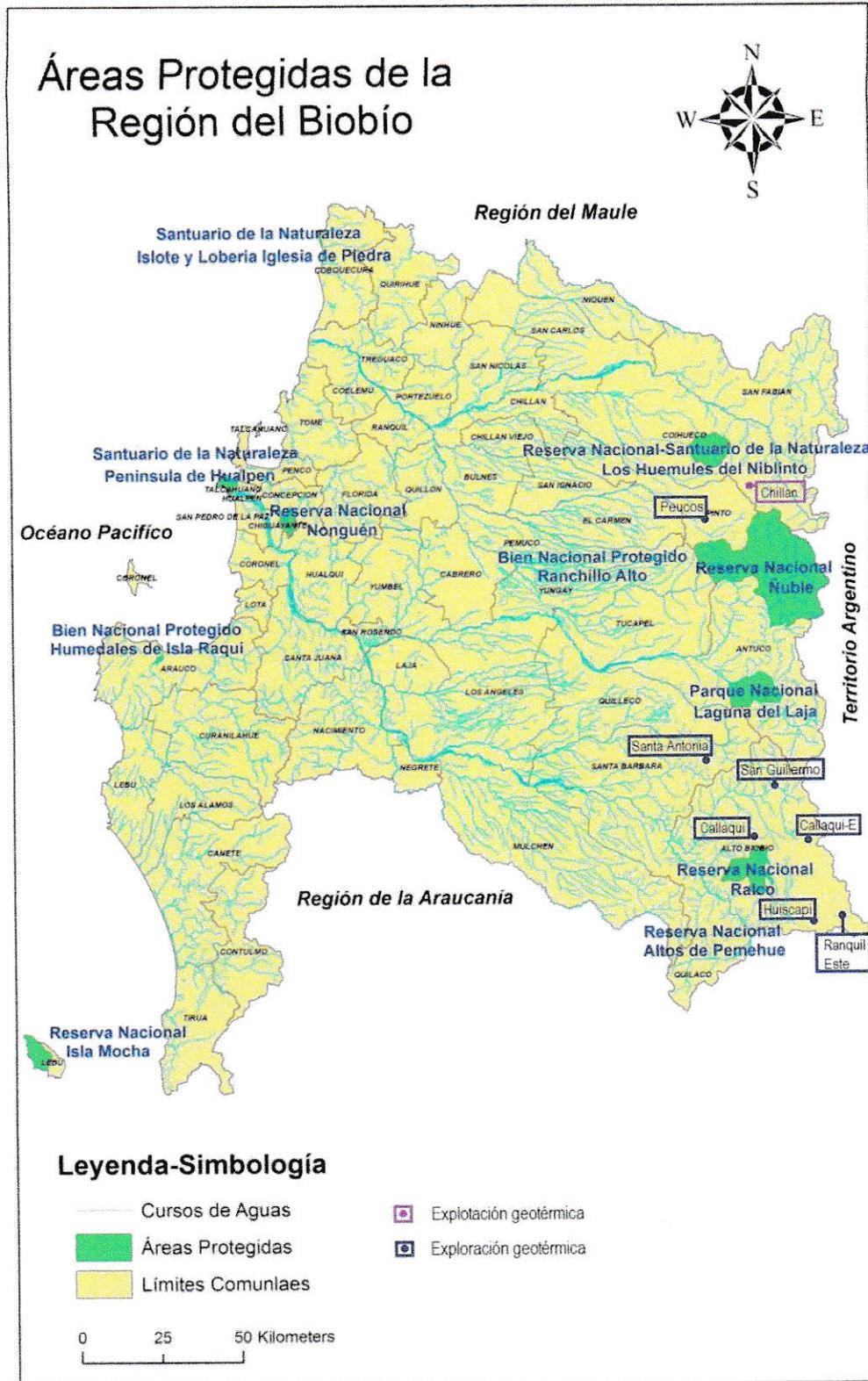


Figura 27: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región del Biobío.



Figura 28: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de La Araucanía.



Figura 29: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Los Ríos.

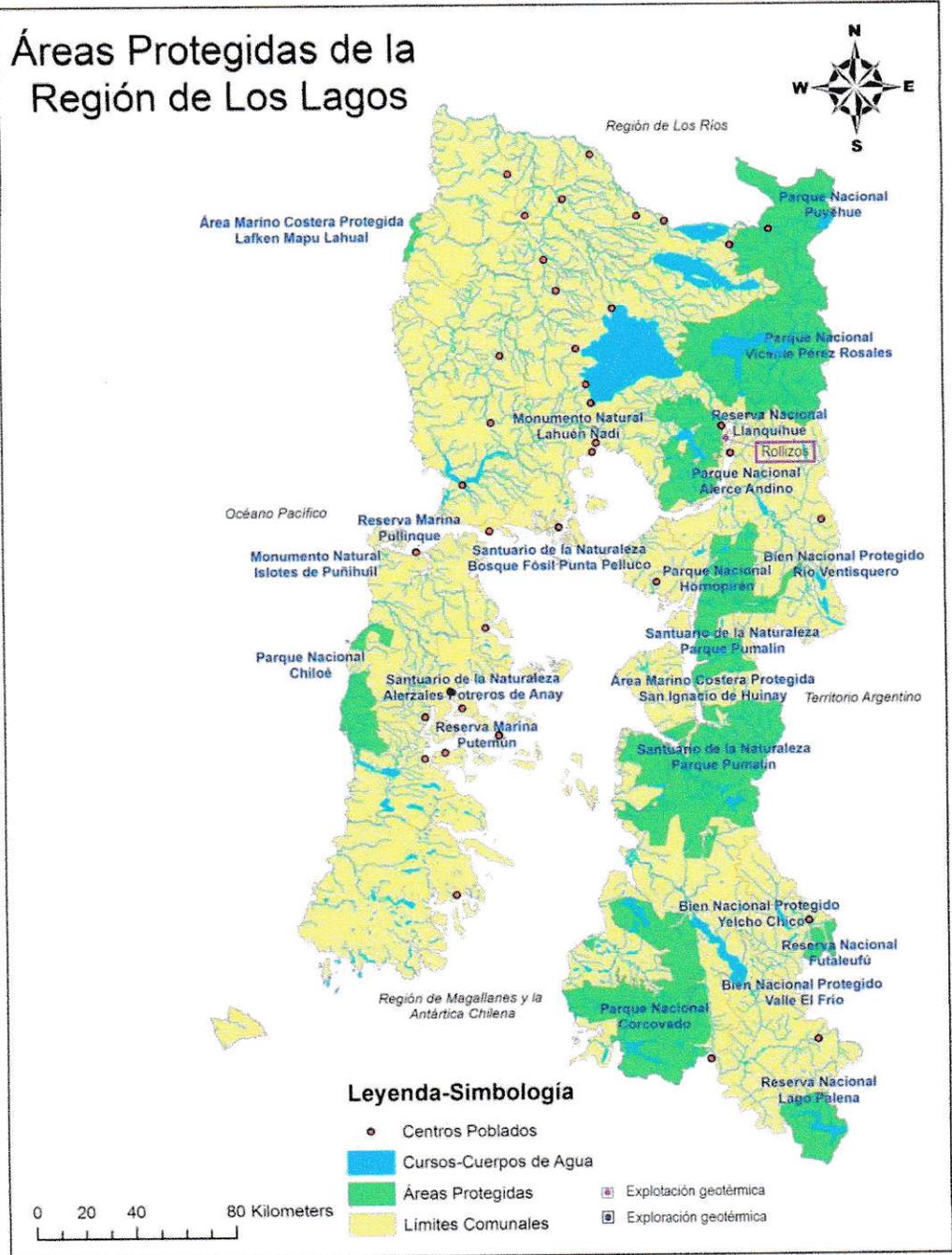


Figura 30: Concesiones geotérmicas y áreas protegidas Región de Los Lagos.

ANEXO II

Tabla 8: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Curacautín, etapa de construcción. Parte

1.

Componente	Etapa de Construcción	Medida propuesta para su mitigación, reparación y/o compensación
Calidad del Aire	Riesgos para la salud de la población y deterioro de la calidad de aire por aumento de las concentraciones de material particulado respirable en sectores con presencia de población.	<p>Mitigación: - Respeto de las emisiones de partículas generadas por el tráfico vehicular en sector del camino público R-761 con presencia de viviendas de habitación, el proyecto considera la implementación de un plan de control de emisiones de polvo, mediante humectación de caminos lo que permitirá estabilizar la superficie de rodado y reducir la emisión de material particulado. - Utilización de vehículos y maquinarias con certificadas vigentes. - Verificación y registro de matenciones adecuadas de vehículos, maquinarias, motores y generadores. - Velocidad controlada de circulación de vehículos de obra.</p>
	Alteración de la calidad del aire por gases de combustión.	
Ruido	Potencial deterioro de la calidad acústica por aumento en los niveles de presión sonora en sectores con presencia de población residente en rutas de acceso al área del proyecto.	<p>Mitigación: - El proyecto proveerá los elementos de protección personal tales como protectores auditivos y otros necesarios, además de regular los tiempos de exposición al ruido, para que los trabajadores no estén expuestos a niveles de presión sonora mayores con respecto a lo indicado en la norma. - Se considera la utilización de pantallas acústicas, de modo de generar semi-encierros específicos a los grupos electrógenos. Estas pantallas consisten en cierres laterales de panel de madera terciada, panel de tableros o panel de madera aglomerada, o bien se utilizarán equipos generadores que tengan insonorización de fábrica. - Uso de maquinaria, motore, generadores y actividades aficientes. - Programa de control mantención preventiva de motores y maquinarias.</p>
Hidrogeología	Potencial afectación de los reservorios de aguas termales asociados a las Termas de Tolhuaca.	
Flora y Vegetación	Alteración de los ambientes vegetacionales.	
Fauna	Potencial afectación de especies de fauna en categoría de conservación y modificación de su hábitat.	<p>Mitigación: - Se creo un plan de manejo especial para el Zorro (<i>Lycalopex sp.</i>): Se prohibirá la caza, sustracción o alteración de cualquier ejemplar de esta especie de fauna y de cualquiera especie nativa en el área del proyecto, así como también el uso de armas de fuego. - Se desarrollará e implementará un programa de capacitación y educación ambiental para todo el personal que laborará en la construcción y operación del Proyecto, para que éste conozca la importancia y valor ambiental de la especie potencial en estado de conservación que habita la zona. La capacitación se realizará a través de folletos y charlas específicas, con objetivo de crear conciencia y sensibilizar al personal del Proyecto sobre la importancia de proteger y conservar la especie y su hábitat. - Se prohibirá ingerir alimentos y arrojar restos de comida fuera de los lugares específicamente habilitados para tal efecto, así como también prohibir alimentar a los zorros que podrían circular en los alrededores de las faenas. - El Proyecto cercará áreas peligrosas, en la medida que sea posible, las áreas donde se acumulen la basura doméstica e industrial, los sectores destinados a combustibles, etc. - En el área de la red de transporte de fluidos geotérmicos, los caminos interiores serán del ancho mínimo requerido y una vez construida la obra, el acceso por este camino quedará restringido sólo a actividades de inspección y mantención. - Se instalaran señalética en los caminos de acceso, indicando la disminución de la velocidad, la importancia de la fauna y el manejo de la basura, esto estará dedicado a conductores y visitantes en general. - Se prohibirá la tenencia de perros y gatos en las instalaciones del proyecto ya que depredan sobre fauna nativa y son una fuente de enfermedades hacia los animales silvetres. El proyecto tendrá en forma permanente un encargado ambiental. El que deberá llevar, entre otros, un registro de los avistamientos de zorros.</p>
	Potencial afectación de especies de fauna endémica de baja movilidad.	<p>Mitigación: - Se efectuará un plan de manejo para la lagartij de Chillán, contará con un micro-ruteo (10 días antes que comiencen las actividades de instalación de faenas en el área) para reptiles el cual consiste en realizar recorridos y transectos (de 100 m de longitud) por toda el área a intervenir, para establecer la riqueza y abundancia de la lagartija de Chillán y reconocer los lugares (microhábitat) utilizados por la especie, para posteriormente concentrar allí el esfuerzo de rescate. - Plan de Rescate de Reptiles: Se buscarán sistemáticamente usando el método de cuadrantes y/o transectos en los sectores identificados en el micro-ruteo y en toda el área a ser intervenida. Las capturas se efectuarán en forma manual dando vuelta piedras y troncos o mediante lazos corredizos. Una vez capturados se mantendrán en bolsas de género o cajas plásticas (maximo 6 horas) y en caso necesario, se les proporcionará como alimento larvas de <i>Tenebrio molitor</i>. Después de la captura los animales se relocalizarán en ectores ecológicamente equivalentes (siguiendo lineamientos estándares) y dejándolos en áreas con refugios y no expuestos a depredación.</p>

Tabla 9: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Curacautín, etapa de construcción. Parte 2.

Componente	Impacto identificado	Medida propuesta para su mitigación, reparación y/o compensación
Dimensión Demográfica	Eventual aumento de población de la comuna de Curacautín.	
Dimensión Socioeconómica	Generación de empleos directos en la localidad de Los Prados y Curacautín. Generación de ingresos a la economía local y regional.	
Infraestructura Vial	Aumento en los niveles de ocupación de las rutas utilizadas para el acceso al proyecto	Mitigación: - Plan de control de velocidad, considera un mecanismo de inspección de velocidad mediante instrumental adecuado, en forma aleatoria y esporádica por el personal de GGE, dicho control se realizará sin previo aviso a las empresas contratistas que participarán de las labores construcción de la planta geotérmica.
Uso del Suelo	Perdida de superficies de suelo como recurso natural debido a la habilitación de caminos interiores, construcción de plataformas y central generadora. Potencial afectación de parques nacionales y/o reservas nacionales producto de la magnitud o duración de las obras de intervención del proyecto.	Mitigación: - Las obras y actividades que desarrollará el Proyecto intervendrán única y exclusivamente las áreas consideradas en el diseño, evitando cualquier intervención adicional que implique incorporar nuevas superficies de suelo. - El tráfico de vehículos livianos, pesados y de maquinarias se realizará exclusivamente por la traza de los caminos interiores, quedando estrictamente prohibida la circulación a campo travesía y por áreas no intervenidas. - Las instalaciones de faenas serán emplazadas en superficies de terrenos acotadas y definidas, evitando intervenciones que resulten innecesarias. - Al término de las obras de construcción, las áreas intervenidas por las labores de construcción, serán descompactadas a través de escarillado y reperfiladas, en el caso de resultar esto último necesario.
Valor Turístico	Alteración de los accesos a áreas o recursos con valor turístico.	Mitigación: - Se realizarán charlas de inducción al personal, enfatizando la importancia del turismo en la zona de emplazamiento del proyecto. La inducción será acompañada de la entrega de un díptico detallando conductas adecuadas para no alterar el turismo en la zona y que serán exigidas por el Titular a trabajadores, contratistas y visitantes. - Programación de transporte de maquinarias y equipos pesados en horarios de baja concurrencia al área del proyecto. Especialmente en época estival se planificará los viajes de insumos y maquinaria de gran envergadura en horario que en la medida en lo posible no interfiera la actividad turística que se desarrolla en la zona. - Se propone el desarrollo de la Ruta Geotérmica como parte de la oferta turística de la zona, consiste en el diseño de un nuevo producto turístico para la comuna de Curacautín, que requiere de un trabajo mancomunado con los prestadores de servicio y operadores turísticos locales. El objetivo de la medida es contar con un circuito que permita generar un encadenamiento productivo de parte la oferta de servicios turísticos de la comuna, en torno a la central geotérmica. - Además de la oferta turística, y como una forma de cultivar una buena relación con la comunidad local, GGE propone diseñar una línea de tours educativos diferenciados a distintos segmentos de estudiantes (enseñanza básica y media) de la comuna de Curacautín. El objetivo de las Visitas Educativas es dar a conocer a los estudiantes las distintas alternativas de Energías Renovables No Convencionales, en el marco de los subsectores de aprendizaje de ciencias, de modo que generen en niños y jóvenes la toma de conciencia en torno a la protección de la naturaleza.
Paisaje	Alteración del valor paisajístico y calidad del paisaje.	

Tabla 10: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Curacautín, etapa de operación y cierre.

Componente	Impacto identificado	Medida propuesta para su mitigación, reparación y/o compensación
Calidad del Aire	Riesgos para la salud de la población y deterioro de la calidad del aire por aumento de las concentraciones de material particulado respirable en sectores con presencia de población.	
	Alteración de la calidad del aire por gases de combustión.	
	Alteración de la calidad del aire por ácido sulfhídrico (H2S).	
Ruido	Potencial deterioro de la calidad acústica por aumento en los niveles de presión sonora en sectores con presencia de población residente en rutas de acceso al área del proyecto.	
Hidrogeología	Potencial afectación (cantidad y calidad) de los reservorios de aguas termales asociados a las Termas de Tolhuaca.	
Glaciares	Potencial afectación de la superficie y volumen de glaciares debido a emisiones térmicas provenientes de las torres de enfriamiento.	
Sismicidad	Aumento de los niveles de vibraciones en sectores con presencia de receptores.	
Dimensión Demográfica	Aumento de población de la comuna de Curacautín	
Dimensión Socioeconómica	Generación de empleos directos en la localidad de Los Prados y comuna de Curacautín.	
	Generación de ingresos a la economía local y regional.	
Medio Construido	Aumento en los niveles de ocupación de las rutas utilizadas para el acceso al proyecto.	
Valor Turístico Paisaje	Potencial aumento de la oferta turística de la zona.	
	Alteración del valor paisajístico y calidad del paisaje.	
Etapas de Cierre		
Calidad del aire	Riesgos para la salud de la población y deterioro de la calidad del aire por aumento de las concentraciones de material particulado respirable en sectores con presencia de población.	
	Alteración de la calidad del aire por gases de combustión.	
Dimensión Demográfica	Eventual aumento de población de la comuna de Curacautín.	
Dimensión Socioeconómica	Generación de empleos directos en la localidad de Los Prados y Curacautín.	
Paisaje	Restauración parcial del paisaje	

Tabla 11: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Cerro Pabellón, etapa de construcción. Parte

1.

Etapa de Construcción		
Componente	Impacto Identificado	Medida propuesta para su mitigación, reparación y/o compensación
Calidad del aire	Alteración local y temporal de la calidad del aire por material particulado.	Mitigación: - Se humectarán periódicamente los frentes de trabajo donde se realicen movimientos de tierra o tránsito de maquinarias relacionadas a la faena, dependiendo de las condiciones climáticas y los requerimientos operacionales. - Se estabilizará mediante tratamiento en base a sales de bischofita o uno equivalente, el camino de acceso al área del Proyecto desde el campamento de construcción al área de faenas (tramo de 25 km). - Se compactarán y mantendrán los caminos internos que conectarán las plataformas y aquellos que se habilitarán a ambos costados de las tuberías. - Se realizará el tránsito de maquinaria y vehículos a baja velocidad. Se instalarán las señalizaciones adecuadas al respecto (velocidad máxima 35 km/h) dentro del área del Proyecto. - Se controlará que el transporte de materiales de construcción o escombros se realice en camiones con la carga cubierta por lonas.
	Alteración local y temporal de la calidad del aire por gases de combustión.	Mitigación: - Utilización de maquinaria y vehículos con emisiones certificadas, control de las revisiones técnicas de los camiones y vehículos. Sólo se permitirá el uso de vehículos livianos con menos de tres años de antigüedad o 150.000 km. En caso que esta utilización se realice por contratistas, se verificará su cumplimiento. - Los motores de los equipos de construcción serán inspeccionados regularmente y mantenidos de forma que se minimicen las emisiones de gases y los humos. - Los motores diesel de la máquina perforadora estarán equipados con compresores y turbos sobrealimentadores de gran altitud, para reducir las emisiones asociadas con la combustión incompleta por altura y para mantener la potencia de la máquina perforadora.
Ruido	Aumento del nivel de presión sonora.	Mitigación: - Se proveerá los elementos de protección personal tales como protectores auditivos y otros necesarios, además de regular los tiempos de exposición al ruido, para que los trabajadores no estén expuestos a niveles de presión sonora mayores con respecto a lo indicado en la norma respectiva. - Control de emisión de ruidos de vehículos, maquinarias y procesos durante las faenas (consideradas fuentes generadoras). Específicamente: Empleo de tecnologías para el control de ruidos (selección de maquinaria y procedimientos constructivos más "silenciosos"), mantenimiento periódica de motores y maquinarias. - Instruir al personal de manera de evitar las tareas ruidosas y de minimizar la práctica de tareas o mal uso de equipos y herramientas. - Instruir al personal para que no altere las condiciones normales de operación de la maquinaria y/o encapsulamientos mediante la apertura de escotillas para "ventilar mejor" los equipos. - Las pruebas de pozo sólo se llevarán a efecto después de la instalación del dispositivo silenciador. El silenciador es un equipo de abatimiento de emisiones sonoras, incorporado en el diseño de las pruebas de pozo como una medida de mitigación estandarizada en la industria geotérmica.
Geomorfología	Alteración de geoformas.	Mitigación: Se propenderá la reutilización del material extraído en excavaciones para hacer los rellenos de plataformas o pretilles requeridos, lo que implica minimizar los volúmenes de material a mover. - Las actividades se restringirán exclusivamente a las áreas de emplazamiento del proyecto, de manera de evitar alteraciones del relieve o la topografía fuera de dicho sector. - Los cortes de taludes y excavaciones se realizarán de acuerdo a un plan establecido previamente, según parámetros geotécnicos recomendado por especialistas.
Flora y Vegetación	Pérdida de cobertura vegetal de tipo zonal.	Mitigación: - En forma previa al inicio de las obras, se delimitarán mediante estacas y banderolas las áreas con flora en categoría de conservación, a objeto de evidenciar que se trata de áreas excluidas de trabajos. Lo anterior aplicará, en particular, en aquellas zonas donde se evidenció la presencia de la especie de Azorella compacta (llareta). - Se instalarán letreros para señalar estas zonas excluidas. - Las zonas excluidas serán identificadas en un plano, el cual se incluirá en los documentos contractuales a las empresas contratistas. Dicho plano señalará la prohibición expresa y absoluta de ingreso a aquellas zonas. La verificación en terreno, de la no intervención de estas áreas excluidas, será supervisada por el responsable en terreno de GDN. - Sólo estará permitido acceder a los frentes de trabajos a través de los caminos de construcción habilitados, impidiendo la intervención de otras áreas. - Todas las medidas anteriores serán complementadas con charlas ambientales que los contratistas deberán impartir a sus trabajadores, señalándoles los sectores excluidos. Estas charlas incluirán información sobre el valor ambiental y características de las especies, fragilidad o vulnerabilidad de su hábitat.
	Remoción de ejemplares de cactácea <i>Opuntia ignescens</i> .	Mitigación: De acuerdo a lo señalado en la Línea Base, se detectó la presencia de ejemplares de cactácea <i>Opuntia ignescens</i> , en la unidad vegetacional N°4, cuya área se define en la Carta de Ocupación de Tierras (COT) adjunta en el Capítulo 2 del EIA, las cuales se trasplantarán en zona aledaña al Proyecto y apta para este tipo de especie.

Tabla 12: Componentes e impactos ambientales, con las medidas de mitigación de la central geotérmica Cerro Pabellón, etapa de construcción. Parte 2.

Componente	Impacto Identificado	Medida propuesta para su mitigación, reparación y/o compensación
Fauna	Alteración de hábitat y comportamientos.	<p>Mitigación: - Previo a las obras de instalación de faenas y con el objeto de evitar impactar sobre las poblaciones de fauna nativa existentes en el área del Proyecto reconocidas como de baja movilidad (reptiles), se procederá a efectuar un plan de rescate y relocalización a sitios de similares características a los lugares de origen, y que se encuentren a una distancia no menor a un kilómetro de su ubicación original. El rescate y relocalización estará enfocado en la especie de reptil denominada <i>Liolaemus stolzmannii</i> (lagarto de Stolzmann), en categoría Rara, buscando con ello que no pasen a una categoría de mayor riesgo. - En forma previa al inicio de las obras, se señalarán temporalmente las áreas con presencia de vizcachas (<i>Lagidium viscacia</i>) existentes en las proximidades de las obras del Proyecto, con el propósito de excluirlas de las áreas de trabajo, mediante la instalación de estacas y banderolas. - Se establecerán señaléticas indicando zona de atraveso de fauna y reducción de velocidad en los lugares de paso de vicuñas (<i>Vicugna vicugna</i>), de modo de minimizar la posibilidad de atropellamientos en los caminos. - Las zonas excluidas serán identificadas en un plano, el cual se incluirá en los documentos contractuales a las empresas contratistas. Dicho plano señalará la prohibición expresa y absoluta de ingreso a aquellas zonas. La verificación en terreno, de la no intervención de estas áreas excluidas, será supervisada por el responsable en terreno de GDN. - En el área de la red de transporte de fluidos geotérmicos, el camino de mantención será del ancho mínimo requerido y una vez construida la obra, el acceso por este camino quedará restringido sólo a actividades de mantención. - El diseño de las tuberías de transporte de fluidos geotérmicos contemplará algunos pasos habilitados para vicuñas (<i>Vicugna vicugna</i>). - Se realizarán charlas de inducción ambiental a todo el personal, enfatizando la importancia de las especies de fauna local. Además se indicarán las áreas de trabajo, las áreas de tránsito y las áreas excluidas, haciendo mención de la absoluta prohibición de ingreso a éstas y de cazar o molestar a los ejemplares presentes en el área. - Prohibición de tenencia de cualquier tipo de mascotas o animales en las áreas del proyecto.</p>
Dimensión Socioeconómica	Aumento de empleo a escala local.	
Infraestructura	Aumento del flujo vehicular sobre la vialidad existente.	<p>Mitigación: Se instalará la señalética adecuada que advierta la presencia de camiones con carga pesada entre el campamento de construcción y las faenas del Proyecto. - Se ensanchará la carpeta y estabilizará mediante tratamiento en base a sales de bischofita, u otro equivalente, el camino de acceso al área del Proyecto desde el campamento de construcción al área de faenas (tramo de 25 km).</p>
Arqueología	Eventual alteración de Monumentos Arqueológicos incluidos en el Artículo 21° de la Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales.	<p>Mitigación: Se implementarán medidas de protección de los seis sitios aledaños a sector caminos, tuberías y plataformas, los cuales están constituidos por: tres asentamientos de cierta complejidad y tres tramos de caminos que se relacionan con el Qhapaq Ñan. Lo anterior, mediante la instalación de estacas y banderolas para cada sitio, y un cerco perimetral en caso de ser necesario, con el fin de delimitar su extensión y protegerlos. - Los sitios señalados anteriormente, serán identificados en un plano, el cual se incluirá en los documentos contractuales a las empresas contratistas. Dicho plano señalará prohibición expresa y absoluta de ingreso a aquellas zonas. La verificación en terreno, de la no intervención de estas áreas excluidas, será supervisada por el responsable en terreno de GDN. - En el sector del Portezuelo La Cachimba no se ejecutarán obras de ensanche del camino de acceso al área del proyecto, con el fin de no intervenir fuera del área utilizada por el camino existente, donde existe concentración de sitios arqueológicos de alto valor patrimonial. - Se implementará un programa de monitoreo arqueológico permanente durante las actividades de movimiento de tierra en la fase de construcción. - Se informará debidamente a los contratistas que lleven adelante los trabajos de construcción, la obligación de notificar inmediatamente cualquier hallazgo arqueológico registrado durante las faenas.</p>
Paisaje	Alteración de la calidad visual del paisaje.	<p>Mitigación: - Las obras y actividades del Proyecto se emplazarán preferentemente en áreas de baja incidencia visual. - Propender a la reutilización de excedentes del material de excavación, en rellenos de plataformas, piscinas e instalaciones del Proyecto, minimizando los volúmenes de material a mover. - Para la construcción de las instalaciones del Proyecto se privilegiará el uso de materiales y fachadas de colores armónicas con el entorno.</p>

Tabla 13: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Cerro Pabellón, etapa de operación y cierre.

Etapa de Operación		Medida propuesta para su mitigación, reparación y/o compensación
Componente	Impacto Identificado	
Calidad del aire	Alteración local de la calidad del aire por material particulado.	Mitigación: - Se realizará el tránsito de maquinaria y vehículos a baja velocidad. Se instalarán las señalizaciones adecuadas al respecto (velocidad máxima 35 km/h) dentro del área del Proyecto. - Se humectarán periódicamente los caminos internos que conectarán las plataformas.
	Alteración local de la calidad del aire por gases de combustión.	Mitigación: - Utilización de maquinaria y vehículos con emisiones certificadas, control de las revisiones técnicas de los camiones y vehículos. Sólo se permitirá el uso de vehículos livianos con meno de tres años de antigüedad o 150.000 km. En caso que esta utilización se realice por contratista, se verificará su cumplimiento.
	Alteración local de la calidad del aire por emisiones de H2S.	Mitigación: - En caso de eventos de escape de H2S, se procederá de acuerdo al Plan de Contingencias, que incluye todos los aspectos necesarios de evuación para retomar las operaciones normales. - Se contará con ventilación adecuada de las construcciones ocupadas por personal para abatir la acumulación de H2S. - Detención de la operación del pozo, en caso que concentración ambiental de ácido sulfhídrico se acerque a los niveles máximos permisibles en el sector de trabajo.
Ruido	Aumento del nivel de presión sonora.	Mitigación: - Se proveerá los elementos de protección personal tales como protectores auditivos y otros necesarios, además de regular los tiempos de exposición al ruido, para que los trabajadores no estén expuestos a niveles de presión sonora mayores con respecto a lo indicado en la norma respectiva. - Instruir al personal para que no altere las condiciones normales de operación de la maquinaria y/o encapsulamientos mediante la apertura de escotillas para "ventilar mejor" los equipos.
Fauna	Alteración de hábitat y comportamientos.	Mitigación: - Se realizarán charlas de inducción ambiental a todo el personal, enfatizando la importancia de las especies de fauna local. Además se indicarán las áreas de trabajo, las áreas de tránsito y las áreas excluidas, haciendo mención de la absoluta prohibición de ingreso a éstas y de cazar o molestar a los ejemplares presentes en el área. - Prohibición de tenencia de cualquier tipo de mascotas o animales en las áreas del proyecto.
Etapa de Cierre		
Calidad del aire	Alteración local y temporal de la calidad del aire por material particulado y gases.	Mitigación: - Se humectarán periódicamente lo frentes de trabajo donde se realicen movimientos de tierra o tránsito de maquinarias relacionadas a la faena, dependiendo de las condiciones climáticas y los requerimientos operacionales. - Se realizará el tránsito de maquinarias y vehículos a baja velocidad. Se instalarán las señalizaciones adecuadas al respecto dentro del área del Proyecto. - Se controlará que el transporte de materiales de construcción o escombros se realice en camiones con la carga cubierta por lonas. - Utilización de maquinaria y vehículos con emisiones certificadas, control de las revisiones técnicas de los camiones y vehículos. Sólo se permitirá el uso de vehículos livianos con menos de tres años de antigüedad o 150.000 km. En caso que esta utilización se realice por contratistas, se verificará su cumplimiento. - Los motores de los equipos de construcción serán inspeccionados regularmente y mantenidos de forma que se minimicen las emisiones de gases y los humos.
Ruido	Aumento del nivel de presión sonora.	Mitigación: - Se proveerá los elementos de protección personal tales como protectores auditivos y otros necesarios, además de regular los tiempos de exposición al ruido, para que los trabajadores no estén expuestos a niveles de presión sonora mayores con respecto a lo indicado en la norma respectiva. - Control de emisión de ruidos de vehículos, maquinarias y procesos durante las faenas (consideradas fuentes generadoras). Específicamente: Empleo de tecnologías para el control de ruidos. Mantenición periódica de motores y maquinarias. - Instruir al personal de manera de evitar las tareas ruidosas y de minimizar la práctic de tareas ruidosas o mal uso de equipos y herramientas. - Intruir al personal para que no altere las condiciones normales de operación de la maquinaria y/o encapsulamiento mediante la apertura de escotillas para "ventilar mejor" los equipos.
Fauna	Alteración de hábitat y comportamientos.	Mitigación: - En forma previa al inicio de las obras, se señalizarán temporalmente las áreas con presencia de vizcacha (<i>Lagidium viscacia</i>) existentes en las proximidades de las obras del Proyecto, con el propósito de excluirlas de las áreas de trabajo, mediante la instalación de estacas y banderolas. - Se establecerán señaléticas indicando zona de atraveso de fauna y reducción de velocidad en los lugares de paso de vicuñas (<i>Vicugna vicugna</i>), de modo de minimizar la posibilidad de atropellamientos en los caminos. - Se realizarán charlas de inducción ambiental a todo el personal, enfatizando la importancia de las especies de fauna local. Además se indicarán las áreas de trabajo, las áreas de tránsito y las áreas excluidas, haciendo mención de la absoluta prohibición de ingreso a éstas y de cazar o molestar a los ejemplares presentes en el área. - Prohibición de tenencia de cualquier tipo de mascotas o animales en las áreas del proyecto.
Paisaje	Alteración de la calidad visual del paisaje.	

Tabla 14: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Unidad 3 Olkaria, Kenia. Parte 1.

Componente	Impacto identificado	Medida propuesta para su mitigación, reparación y/o compensación
Hidrología	Probable disminución del nivel medio del lago (Naivasha) por la creciente tasa de captación de agua para operación de la planta.	Mitigación: - KenGen no debe confiar en el lago como fuente de agua para toda la vida del proyecto, pero debe desarrollar planes de contingencia para las fuentes de agua alternativas en caso de que el lago cae a niveles muy bajos. - Hay una necesidad urgente de elaborar estrategias de extracción de agua del lago Naivasha. Esto debe ser hecho por el Comité de Gestión de Lago Naivasha, que esté legalmente autorizado para gestionar el medio ambiente de la cuenca del lago Naivasha.
Recursos Hídricos Superficiales	Seguimientos anteriores muestran niveles de plomo y mercurio en el lago, no identificables a la central debido a otras industrias (Hortícolas y Floricultura) o actividades urbanas alrededor del mismo lago.	Mitigación: - Seguimiento de la química de las precipitaciones, así como de los parámetros químicos de importancia que se debe hacer como se especifica en KenGen's Ambiental Manual de operaciones, por lo que los cambios en la química del lago y las precipitaciones pueden ser monitoreados.- Seguimiento de elementos significativos también debe cubrir Olkaria II.- Un estudio más amplio que hay que hacer que cubre toda la flor y granjas hortícolas, además de otras industrias en la cuenca del Lago Naivasha, por lo que las fuentes puntuales de contaminación que afecta a la calidad del agua en el lago Naivasha se pueden establecer. Esta debe ser la responsabilidad del Comité de Gestión de Naivasha Lake.
Recursos Hídricos Subterráneos	Posible alteración de las aguas subterráneas del lago por los pozos geotérmicos.	Mitigación: - Un programa de monitoreo de aguas subterráneas se debe implementar para evaluar los impactos de fluidos reinyectadas en aguas subterráneas, lo que indicaría si de hecho los yacimientos geotérmicos están aislados de la capa freática. Las muestras de pozos seleccionados a menos de 20 kilómetros de pozos de reinyección deben ser probados para la presencia de un trazador, así como los parámetros tales como el pH, TDS y silicatos. Mitigación: - Movimiento de tierras debe ser controlado durante la fase de construcción, por lo que la tierra que no se requiere para las obras se deja sin ser molestados. - Del mismo modo, la vegetación no debe ser perturbada innecesariamente, sobre todo durante la instalación de las líneas de vapor. - Las actividades de excavación, la organización y el vertimiento de escombros deben ser gestionados correctamente.
Suelos	Erosión de los suelos por movimiento de tierra y tala de vegetación, además de posible contaminación de plomo y zinc por actividades geotérmicas.	- La Cantera X2 que ha sido recientemente rehabilitado, debe ser ajardinado y revegetado después de su uso con el fin de evitar la erosión. - Los documentos de licitación deben estipular que, siempre que sea posible, los movimientos de tierra deben llevarse a cabo durante la estación seca para evitar que el suelo sea arrastrado por la lluvia. - La erosión a lo largo de las rutas de las líneas de vapor puede ser controlada mediante la introducción de diques, buscar en cheques, captación de agua en drenajes y / o bermas. Ver presas y buscar en los controles necesitan ser instalados a intervalos específicos, dependiendo de la pendiente de la ladera. Todas estas estructuras deben estar bien diseñados, bien construidos y mantenidos con regularidad para que la escorrentía no crea barrancos. - Revegetación de áreas perturbadas debe llevarse a cabo tan pronto la construcción concluya. - Con el fin de garantizar que la protección medio ambiental se tendrán en cuenta durante la construcción, estos temas deben ser especificados en el pliego de condiciones.
Calidad del Aire	Emisión de gases durante la etapa de operación (gases no condensables, principalmente sulfuro de hidrogeno (H2S), dióxido de carbono (CO2), óxidos de azufre (SOx), metano (CH4) y radón) y emisión de polvo durante la etapa de construcción.	Mitigación: - El mantenimiento adecuado de la planta de fabricación y equipos (incluyendo camiones), de conformidad con las especificaciones DEL FABRICANTE reducirá las emisiones de gases nocivos (dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre). Además, el conductor de vehículos de construcción deben ser instruidos para no dejarlos al ralentí, con el fin de reducir la emisión de gases de escape. - Durante la construcción y operación, la velocidad de la construcción y otros vehículos en el lugar ya lo largo de los caminos de acceso debe limitarse a reducir los niveles de polvo. - Estas medidas se pueden lograr mediante la creación de conciencia entre los operadores de equipos / maquinaria y los conductores de vehículos de construcción. - Seguimiento del sulfuro de hidrogeno debe continuar según lo estipulado en el Manual de Operaciones del Medio Ambiente, para incluir la Unidad 3. Los datos deben recogerse en los lugares comparables en los dos sitios. - Los impactos acumulativos de las emisiones de H2S deben evaluarse continuamente. - Las emisiones de gases no condensables (específicamente el dióxido de carbono, el metano y el radón) deben ser medidos, y luego monitoreados continuamente.
Ruido y Vibraciones	Niveles superados en ruido y vibración por movimiento de tierra, equipos de construcción y vehículos.	Mitigación: - El mantenimiento adecuado de las instalaciones y equipos de construcción de acuerdo con las especificaciones del fabricante (incluyendo camiones) reducirá los niveles de ruido. - Reducción de ruido también se puede lograr mediante la sensibilización de trabajadores de la construcción y los conductores, mediante el uso de letreros y la realización de campañas de sensibilización. - El movimiento de vehículos pesados por la noche debe ser prohibido. - Los impactos de la contaminación acústica pueden ser mitigados en las inmediaciones de la zona afectada si silenciadores y otros ruidos equipos instalé disminuir, mediante la provisión y aplicación de uso de equipo de protección personal (EPP), ya través de un comportamiento considerado. - Seguimiento de los niveles de ruido debe continuar en tanto Olkaria I y II. Además, las mediciones deben ser tomadas durante y después de la construcción de la Unidad 3. - Durante la operación, todo el personal que trabaja en la sección de utilidades y la cubierta superior de la sala de turbinas, y el pozo sellado deben usar EPP recomendado.
Aguas Residuales	Toxicidad de aguas residuales (Salmuera y Vapor condensado de las líneas de vapor y torres de refrigeración) se plantean como una amenaza para la vida silvestre, humana, recursos del suelo y agua en plantas geotérmicas anteriores, por lo que la comunidad asociaría estos sucesos a nuevas plantas.	Mitigación: - Medios para contener salmuera y condensado de vapor descargas de las líneas de vapor deben desarrollarse de manera que no se liberen directamente en el suelo y en la vegetación. - Todos los vertidos de salmuera se deben reinyectar. - Hay planes en Olkaria para redirigir salmuera de los separadores a un estanque acondicionado, desde donde la salmuera se reinyecta a un pozo profundo. Algunas obras físicas han comenzado en este proyecto, y la finalización de este proyecto de sub debe dar prioridad.

Tabla 15: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Unidad 3 Olkaria, Kenia. Parte 2.

Componente	Impacto identificado	Medida propuesta para su mitigación, reparación y/o compensación
Contaminación por petróleo	Posible contaminación en suelo y cuerpos de agua por fugas de productos de petróleo y aceite en vehículos y equipos de construcción.	<p>Mitigación: - Mantenimiento de máquinas para la construcción y el equipo fuera del parque, y los procedimientos adecuados para la decantación, almacenamiento y manipulación de productos derivados del petróleo reducirá al mínimo los riesgos de derrames.</p> <p>- Bandejas de goteo deben utilizarse al drenar el aceite de la planta y el equipo, y el aceite de los residuos almacenados en contenedores hasta que puedan eliminarse de manera segura.</p> <p>- La contaminación por petróleo puede minimizarse mediante la instalación de interceptores de aceite en todos los desagües pluviales de todo el nuevo sitio. Los canales de drenaje construidos para los propósitos de la construcción deben ser dirigidos a estos drenajes de aguas pluviales.</p> <p>- Todos los tanques de almacenamiento de petróleo y lubricantes deben estar contenidos dentro de las zonas de doble pared forrada con una capa de resina epoxi.</p> <p>- Las áreas en las yardas designadas al aire libre para el almacenamiento de los aceites deben ser cubiertas. Además, los aceites deben mantenerse en paletas de sumidero.</p> <p>- Los suelos de cualquier aceite tienda propuesta de interior / grasa deben ser revestidos con epoxi, las puertas aisladas (por tener un borde levantado alrededor de la puerta), y cualquier desagües deben fluir a un interceptor.</p> <p>- Un plan de respuesta debe ser elaborado para hacer frente a los derrames de petróleo.</p>
Productos químicos de proceso	Plan de Manejo para productos químicos de tratamiento de aguas (Biocidas, ceniza de sosa, cloro, alumbre, aceites, lubricantes y detergentes).	<p>Mitigación: - Todos los productos químicos deben ser almacenados y manipulados correctamente. Todo el personal de manejo de los productos químicos deben ser instruidos en su uso seguro. Procedimientos y hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS) que describen el almacenamiento y la manipulación de todos los productos químicos de proceso, así como las sustancias peligrosas para la salud deben seguirse estrictamente.</p> <p>- Un plan de respuesta debe ser elaborado para hacer frente a derrames de productos químicos.</p>

Tabla 16: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Unidad 3 Olkaria, Kenia. Parte 3.

Componente	Impacto identificado	Medida propuesta para su mitigación, reparación y/o compensación
Materiales de Construcción	Materiales de construcción en la cantera que pueden ser perjudiciales para la salud de los trabajadores (materiales y/o sustancias hechas de amianto o asbesto, sílice, metales pesados).	<p>Mitigación: - Excavación debe planificarse adecuadamente, organizado y ejecutado.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Todas las vías de acceso a la Cantera X2 deben planificarse por delante de la construcción y se describen en los documentos de licitación. Esto detendrá varias rutas están creando para el sitio que tendría consecuencias graves sobre la degradación del medio ambiente en todo el área excavada. - Excavación debe llevarse a cabo de tal manera que el drenaje se controla, y el agua no se permite que se acumulen. Cualquier agua que recoge tiene que ser drenado y eliminados con sensatez, a fin de no causar erosión. <ul style="list-style-type: none"> - El área a ser excavado debe ser acordonada / cercado, para mantener la vida silvestre y parques turísticos a cabo. - El vertido de petróleo, basura y echar a perder en el área de la cantera debe ser prohibido. - Los niveles de polvo en el lugar de la cantera se pueden minimizar rociando periódicamente el sitio con agua. - El sitio debe estar ajardinado, entonces reinstalado o rellenó con escombros / tierra vegetal. - Los documentos de licitación deben especificar las normas de certificación requerida para todos los materiales y aparatos. <ul style="list-style-type: none"> - Materiales no ser utilizados para la construcción de la nueva unidad son: <ul style="list-style-type: none"> • Alta cemento de alúmina • Plancha de lana de madera en el encofrado permanente al hormigón • Ladrillos de silicato de calcio o azulejos • Amianto en cualquier forma • Sustitutos de asbesto o cualquier fibras minerales que ocurren o hechos por el hombre natural • La pintura con plomo o cualquier otro material que contienen plomo que pueden ser inhaladas, ingeridas o absorbidas <ul style="list-style-type: none"> • Vermiculita menos que se demuestre como libre de fibras • Los productos que contienen cadmio que son consideradas como sustancias perjudiciales (se refieren a la Protección del Medio Ambiente del Reino Unido - Controles relativo a las sustancias perjudiciales (No.2) Regulations 1993). • Cualesquiera otras sustancias consideradas como materiales de construcción nocivos que no están de acuerdo con los requisitos legales o con la práctica aceptada buen edificio actual en el momento de la especificación o la construcción. - Si se utiliza cualquier material o sustancia que es en cualquier momento en el futuro se considere a ser perjudicial para la salud, a continuación, debe ser reemplazado con una alternativa aceptable. - Las fuentes de todos los materiales de construcción deben ser certificados por el Contratista; por ejemplo, piedras duras para la construcción se debe obtener de canteras comerciales de buena fe.
Residuos Sólidos	Residuos sólidos de materiales de construcción, chatarra, madera, cemento, papel, plástico, etc. Residuos de lodos desde la Torre de refrigeración (condensador) y depósito de silicatos desde las líneas de vapor.	<p>Mitigación: - La diligencia por parte de los contratistas durante las actividades de construcción se minimizará la cantidad de escombros, y también se asegurará de que los desechos se eliminan de una manera sensata, en un vertedero especificado y aprobado.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los documentos de licitación deben especificar la disposición adecuada de los residuos durante la construcción. - Los documentos de licitación también deben asegurarse de que los contratistas deja el sitio en un estado limpio y agradable a la vista en la finalización de las obras. Los contratistas deben estar obligados a restaurar y paisaje todas las áreas a satisfacción del Gestor del proyecto. - Todos los residuos sólidos generados durante la construcción y operación debe vigilarse cuidadosamente, recoge, almacena, y llevado fuera del parque para su eliminación. <ul style="list-style-type: none"> - Los residuos generados durante la operación de la planta debe ser segregados en origen, inventarió y métodos apropiados de eliminación determinado. - Los silicatos deben ser probados por sus características y la toxicidad química, después de lo cual los medios más aceptables de eliminación se puede determinar. Se puede, a la larga sería mejor para envolver los silicatos en hormigón y enterrarlos, como se propone para la eliminación de los lodos procedentes de las torres de refrigeración y condensadores en Olkaria II.
Flora	Impacto en la vegetación colindante a las líneas de vapor que se construirán e indirectamente por la salmuera geotérmica.	<p>Mitigación: - Eliminación de la vegetación y los árboles debe ser estrictamente controlado; debe quedar limitada a lo estrictamente necesario y no se debe hacer de manera indiscriminada. Diligencia por parte del contratista y la supervisión adecuada de la fuerza de trabajo es importante en este sentido.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Todas las áreas alteradas deben ser re-vegetación, con que se producen localmente hierbas, arbustos y árboles. Además de la mejora de la estética, esto va a frenar la erosión del suelo en las zonas afectadas. <ul style="list-style-type: none"> - Las áreas despejadas deben ser rehabilitados rápidamente con flora autóctona sean necesarias para impedir el crecimiento de especies oportunistas. - Todos la salmuera y condensados vertidos deben profunda reinyectan a fin de evitar los posibles efectos tóxicos en la flora. - La fuerza de trabajo debe contar con alternativas a la leña y el carbón vegetal para cocinar (por ejemplo, cocinas de queroseno), de modo que se reduce la presión de la leña y el carbón vegetal. - Con el fin de evaluar los impactos y tendencias sobre la vegetación dentro del campo Olkaria y el Parque Nacional Hell's Gate, un estudio detallado sobre la vegetación del Parque y sus alrededores tendrá que llevarse a cabo. Esto haría necesario el muestreo en transectos, fotografías aéreas o imágenes de satélite y cartografía. Tal estudio requeriría el aporte de especialistas. Mientras KenGen no se puede esperar para financiar un estudio de este tipo por su cuenta, podría proporcionar apoyo hacia ella, ya sea mediante el suministro parte de los recursos financieros o de mano de obra, y por medio de influir en otros grupos de interés (como el Servicio de Vida Silvestre de Kenia, Lago Comité de Gestión de Naivasha, Lago Naivasha Asociación Ribereña, el Grupo de Productores lago Naivasha) a hacer lo mismo.

Tabla 17: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Unidad 3 Olkaria, Kenia. Parte 4.

Componente	Impacto identificado	Medida propuesta para su mitigación, reparación y/o compensación
Fauna	Impacto sobre la población de animales en el parque (Parque Nacional Hell's Gate) por estanques y canales de drenaje de salmuera como fuente de agua, actividades humanas y pérdida de hábitat.	<p>Mitigación: - Las cercas deben estar construidas alrededor de los estanques de salmuera con el fin de prevenir el consumo de la fauna.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Todos los vertidos de salmuera y condensado se deben tirar por la reinyección de profundidad. <p>- Los drenajes y líneas de vapor deben estar ubicados de manera que no se forman barreras para animales pequeños. - Movimientos en el Parque de tráfico de la construcción, así como el tráfico generado por las actividades KenGen, deben ser controlados. Los límites de velocidad se deben cumplir y badenes introdujeron para reducir las muertes de animales de velocidad de los vehículos excesivos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las áreas despejadas deben ser rehabilitadas con vegetación autóctona, tan pronto como sea posible para restaurar los hábitats para la fauna afectadas. - Las actividades de construcción deben mantenerse al mínimo para evitar la pérdida de hábitat. <p>- Con el fin de establecer el verdadero impacto de la planta geotérmica y otra de desarrollo en las poblaciones de vida silvestre en el Parque Nacional de Hell's Gate ya las zonas de los alrededores, un estudio detallado tendrá que llevarse a cabo. Al igual que con el estudio de la vegetación se recomienda más arriba, KenGen debe solicitar el apoyo de las diversas partes interesadas para financiar el estudio de forma colectiva.</p>
Inmigración y Asentamiento	Llegada de mano de obra (lugareños e inmigrantes) a los pueblos o centros de alojamiento cercanos al Proyecto.	<p>Mitigación: - Mientras KenGen no es directamente responsable del crecimiento del asentamiento urbano no planificado, se debe tratar de influir en el Comité de Gestión de Naivasha Lake, así como el Consejo Municipal Naivasha, para abordar esta cuestión.</p>
Oportunidades de empleo	Generación de empleo para 400 personas durante la construcción y 1-2 operadores.	<p>Mitigación: - El contratista debe tener cuidado para asegurar que el mayor número posible de empleados contratados se obtienen de los asentamientos dentro del área del proyecto y su área de influencia inmediata.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las mujeres también deben tener la oportunidad de participar en el proyecto, y una cuota específica (por ejemplo, 10.5%) Deben reservarse para las mujeres.
Actividades Agrícolas	Impacto en la Floricultura por emisiones geotérmicas.	<p>Mitigación: - Se recomienda que la investigación se llevará a cabo con el fin de determinar los impactos a largo plazo de las emisiones geotérmicas y flores, productos hortícolas y la flora natural de la zona del proyecto.</p> <p>Compensación: - KenGen en colaboración con KWS debe preparar un folleto explicativo de alta calidad que puede ser entregado a los turistas que visitan el parque. El folleto debe estipular las reglas del parque básicos y precauciones de seguridad que deben adoptarse por los turistas para la protección de las experiencias dañinas o desagradables asociados con la fauna y actividades geotérmicas.</p>
Turismo	Presencia única de esta central energética en el continente sirve como atracción turística a la población local.	<ul style="list-style-type: none"> - Además, el folleto debe contener la ubicación de las principales atracciones en el parque y las instalaciones disponibles para los turistas que deseen obtener más información sobre la central. - KenGen debe desarrollar un simple "prueba turística" que podría ser seguido por los visitantes interesados en el aspecto geotérmica del Parque Nacional Hell's Gate. El juicio turistas podría incluir visitas guiadas a las centrales eléctricas, las plataformas de perforación, y otras áreas de interés.
Perturbación a la población	La construcción causará molestias a los ciudadanos, ya sea para empleados KenGen, personal de KWS, o las personas que residen o trabajan	<p>Mitigación: - Con el fin de disminuir el antagonismo que estas perturbaciones pueden crear, se recomienda que los líderes de la comunidad se comuniquen con antelación de posibles actividades que pueden causar perturbaciones. Además, la construcción debe seguir un horario, y el Contratista debe cumplir con ese horario, para que el público en general puede saber cuándo hay que esperar que tales perturbaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Advertencia / informativo canta debe ser erigido en la Puerta de KWS, y en el cruce de la Naivasha-Mai Mahiu Road, y en el desvío a la central eléctrica de Olkaria geotérmica de largo de South Lake Road, lo que indica que las obras de construcción están en curso, y donde puede haber interrupción de tránsito peatonal o vehicular. Los signos deben indicar cuando las obras son propensos a comenzar y terminar, y qué alternativas están disponibles para el acceso. - Para minimizar aún más molestias a los asentamientos y viviendas en la localidad de la zona de trabajo, las actividades de construcción no deben ser llevadas a cabo por la noche.
Salud Pública	Impacto en la salud pública por el incremento en los niveles de ruido, polvo y contaminación atmosférica. Además de la alta probabilidad de propagación de enfermedades de transmisión sexual.	<p>Mitigación: - Campañas de sensibilización de ETS deben llevarse a cabo, y los condones distribuidos, en el campamento workmen's así como en los centros urbanos a lo largo de las carreteras Lago Norte y Sur.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para minimizar el impacto sobre la vida silvestre, y las personas que residen en las plantaciones de flores y fincas en los alrededores del sitio, no hay actividades de construcción deben ser llevadas a cabo por la noche. - Durante los dos en construcción y operación, se deben hacer arreglos para la disposición adecuada de los residuos sólidos od e instalaciones de saneamiento debe ser proporcionada. - La fuerza de trabajo debe contar con suficiente agua potable en todo momento. - Durante la operación, se debe prever la eliminación adecuada de los residuos sólidos. <p>- Las comunidades masai deben ser sensibilizados a dejar de usar flujos especificados que contengan salmuera, hasta que las mejoras a reinyectar todos los vertidos de salmuera se han implementado.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La incidencia de enfermedades de la piel y abortos reportados por las áreas inhabitadas Maasai través del cual fluyen los cursos de agua de salmuera contaminada debe ser monitoreado para determinar si esto es realmente la causa de sus dolencias.

Tabla 18: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Unidad 3 Olkaria, Kenia. Parte 5.

Componente	Impacto identificado	Medida propuesta para su mitigación, reparación y/o compensación
Salud y Seguridad Ocupacional	Riesgo de accidentes e incidentes durante la construcción y operación.	<p>Mitigación: - Todos los trabajadores deben contar con equipo de protección adecuado (tal como máscaras nasales, orejeras, cascos, monos, botas industriales, etc.), en particular durante la explotación de canteras, voladuras, taladrado y manipulación de productos químicos. Esto debe ser estipulado en los documentos de licitación para las actividades durante construcción.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las condiciones de la edificación en los documentos de licitación deben estipular de salud, normas de seguridad y de bienestar y procedimientos de trabajo. - Tiene que haber un centro médico totalmente equipado en el hotel, durante y después de la construcción. <p>- El director de proyecto debe nombrar un Salud, Seguridad y Medio Ambiente con el Oficial tiene formación en primeros auxilios y el conocimiento de las normas de seguridad, que siempre deben estar en el lugar.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se requiere que los contratistas que deben cumplir con los códigos de prácticas proporcionadas por KenGen, la Ley, la Ley de Compensación Workmen's, así como otras ordenanzas, reglamentos y acuerdos de la Unión fábricas. - Todos los visitantes deben estar provistos de cascos. - Por ley, el Contratista y KenGen debe tener cubierta la indemnización workmen's. <p>- Procedimientos operacionales para todas las actividades hacen mención uso de equipo de seguridad. Estos mus ser revisados para que el PPE es necesario que se haga obligatorio para actividades de alto riesgo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - KenGen debería revisar la "Guía del Empleado para la Prevención de Accidentes" existente para reflejar sus actuales operaciones y procedimientos de seguridad.
Campos de Construcción	Impactos ambientales y sociales debido a la presencia del campamento y la fuerza laboral.	<p>Mitigación: - Se debe tener cuidado de no insistir en el suministro de agua potable, a expensas de la población local. En este sentido, el contratista debe consultar con el Consejo Municipal para identificar las fuentes de agua potable aceptables de manera que no hay conflicto con la población local.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mano de obra debe ser desalentado de la compra de carbón. El uso de gas o queroseno debería ser obligatoria en el campamento. Una cantina centro en el campamento workmen's debería establecerse al servidor toda la plantilla dentro del campamento. Esto sería más económico en términos de uso de combustible, así como otros recursos. Además, un comedor central podría contribuir a la salud general en el campamento como residuos de cocina pueden ser eliminados de una manera organizada, mientras que la higiene se puede controlar. - Los contratistas no deben permitir establecer chozas separadas para comer en el lugar para su personal y de los trabajadores, ya que esto resultó ser indeseables para el medio ambiente durante la fase de construcción de Olkaria II, cuando varias cuestiones relativas a la eliminación de aguas residuales y residuos sólidos, como así como la disponibilidad de agua, surgió. - En el lugar, se debe hacer un acuerdo para utilizar el comedor existente para proporcionar la fuerza de trabajo con las comidas según se requiera. Lo ideal es que los alimentos se deben cocinar fuera del lugar y trajo sólo para ser servido. - Los residuos sólidos deben ser desechados de una manera sensata. Todos los residuos, tanto durante como después de la construcción, se deben retirar del Parque Nacional. Los residuos deben ser segregados en metales, papel, plásticos y residuos orgánicos, de modo que pueda ser vendida, reutilizada, enterrado o quemado, según corresponda. Los desechos que no entran en estas categorías deben ser llevados a un vertedero Consejo aprobó. - Letrinas de pozo para la fuerza de trabajo en el lugar deben ser cuidadosamente ubicados y diseñados en función de la altura del nivel freático en la zona del campo propuesto. Idealmente, la caída debe estar entre 2,5-3,5 metros, pero donde el nivel freático es alto, un diseño de pozo poco profundo doble estilo de compostaje es más adecuado. La ubicación de las letrinas de pozo en el campo debe ser preferentemente de descenso de las fuentes de agua potable, o de 30 m de cualquier masa de agua superficial, y protegido de la escorrentía. - El campamento workmen's no debe colocarse en un punto aislado donde sería atraer a las empresas de la periferia, y proporcionar un núcleo para el groeth de un asentamiento no planificado. - Campañas de sensibilización de ETS deben llevarse a cabo, y los condones distribuidos, en el campamento workmen's.
Riesgos generales y peligros	Riesgo de rupturas, fugas por causas de mal funcionamiento, corrosión, fuego, terremotos, etc.	<p>Mitigación: - Los documentos de licitación deben asegurarse de que los contratistas toman precauciones contra incendios.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fuego y los planes de respuesta de emergencia deben redactarse como aplicable a KenGen's operaciones actuales en Olkaria. Los planes de respuesta de emergencia deben dar detalles de contención y limpieza de los métodos. - La inspección regular y el mantenimiento de toda la planta es esencial. - En caso de fuga o derrame, limpiar debe llevarse a cabo de inmediato, las zonas afectadas restaurados / rehabilitados, y limpiar los materiales desechados de una manera específica.
Intrusión visual	Impacto visual durante los movimientos de tierra durante la construcción.	<p>Mitigación: - Una vez que los movimientos de tierra se han hecho, la restauración de la zona trabajado, que no debe ser construida sobre debe llevarse a cabo de inmediato, por el relleno, jardinería y plantación de césped o arbustos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mitigación puede lograrse a través de la limpieza de escombros de construcción, manteniendo los niveles de polvo hacia abajo y la rehabilitación / Paisajismo el sitio Quarry X2. - Plantación de especies endémicas en el sitio de la mina X2 también serviría para mitigar los impactos visuales. KenGen tiene un vivero de árboles ya ha plantado algunos árboles jóvenes 4000 en el sitio desde el cual las plantas pueden ser de origen. - Además, el sitio debe ser ajardinado mediante la plantación de especies de árboles endémicos, arbustos y hierba alrededor unidades de energía y edificios administrativos, ya lo largo de la valla fronteriza.

Tabla 19: Componentes e impactos ambientales, y medidas de mitigación de la central geotérmica Ciclo Binario 2, El Salvador.

Componente	Impacto identificado	Medida propuesta para su mitigación, reparación y/o compensación
Uso del suelo	Cambio en el uso del suelo	Compensación: - Compensar la eliminación de flora (45 árboles y 1653 arbustos), la afectación a la fauna y su hábitat a través de un plan de reforestación en zonas asignadas por la Alcaldía Municipal de Alegría.
Suelo Orgánico	Pérdida del suelo orgánico	Mitigación: - Acopio y disposición de suelo orgánico, reduce la pérdida total del suelo orgánico que se removerá en la subactividad de Terracería y Conformación de Taludes que se ejecutarán dentro de la Etapa de Construcción de la Unidad Ciclo Binario 2.
Drenajes	Modificación del drenaje superficial naturales	Mitigación: - Obras de protección y drenaje, construcción de disipadores en los cabezales de descarga de la obra de paso a contruir y en el aliviadero de los tanques de tormenta previo a incorporar el caudal de retardo a la quebrada invernal de las nanocuenas. - Adecuación del sitio para la disposición final de terracería.
Permeabilidad del suelo	Impermeabilización del suelo (recarga)	Mitigación: - Sistemas de infiltración de escorrentía, construcción de una zanja de infiltración en el terreno del proyecto, la que recogerá escorrentía procedente de la parte alta de las nanocuenas.
Geomorfología	Generación de procesos erosivos	Mitigación: - Siembra de zacate vetiver en los taludes de la unidad ciclo binario 2, así como reducir el efecto del impacto por la modificación del paisaje.
Calidad del Suelo	Contaminación del suelo	Mitigación: - Manejo integral de desechos y residuos durante el proyecto. - Manejo integral del ácido sulfúrico y obras para control de derrame. - Programa de mantenimiento de maquinaria.
Balance Hídrico	Incremento de la escorrentía (inundación)	Mitigación: - Sistemas de infiltración de escorrentía. - Sistema de retardo de escorrentía superficial.
Cantidad de agua	Consumo de agua potable	Mitigación: - Control de abastecimiento de agua, la cual se realizará soló de una estación de bombeo (estación Esmeralda), para así evitar el desabastecimiento de las comunidades aledañas.
Calidad del agua	Contaminación hídrica (superficial y subterránea)	Mitigación: - Manejo integral de desechos y residuos durante el proyecto. - Manejo integral del ácido sulfúrico y obras para control de derrame.
Calidad del aire (polvo)	Incremento en los niveles de polvo	Mitigación: - Riego en área útil del proyecto y sus accesos.
Ruido	Incremento en los niveles de ruido	Mitigación: - Estudio para el aislamiento acústico y medidas de control de ruido. - Establecimiento restringido de horarios de trabajo. - Capacitación en seguridad vial, ocupacional y riesgos.
Calidad del aire (gases, calor)	Contaminación del aire (emisiones, fugas, calor)	Mitigación: - Programa de mantenimiento de maquinaria. - Plan de atención a emergencias.
Clima	Reducción de gases de efecto invernadero	
Cubierta vegetal	Eliminación de Flora	Mitigación: - Plan de reforestación. - Programa de educación ambiental. - Acopio y reciclaje de material de desbroce.
Micro Clima	Modificación de microclima	Compensación: - Plan de reforestación, siembra de 450 árboles y 1653 arbustos.
Especies silvestres	Perturbación y migración de la fauna silvestre	Mitigación: - Plan de reforestación. - Señalización de conservación de la vida silvestre. - Programa de educación ambiental.
Hábitats faunísticos	Fragmentación del hábitat	Compensación: - Plan de reforestación. - Programa de educación ambiental.
Calidad de vida	Cambios en los hábitos de vida	Compensación: - Programa de atención comunitaria.
Riesgo	Riesgo a la población por manejo de fluidos	Mitigación: - Plan de atención a emergencias. - Sistema contra incendios. - Muro perimetral. - Manejo integral del isopentano.
Tráfico	Aumento de tráfico vehicular	Mitigación: - Señalización de seguridad vial temporal. - Capacitación en seguridad vial, ocupacional y riesgos. - Señalización vertical vial permanente.
Valor intrínseco del paisaje	Modificación del paisaje	Mitigación: - Siembra de cerca viva, en específico árboles de Ojushte .
Economía Local	Demanda de bienes y servicios locales	
Economía Nacional	Contribución al aumento de oferta energética	
Empleo	Generación de empleo temporal	
Impuestos	Incremento a la recaudación de impuestos municipales	

Tabla 20: Comparación de las medidas de mitigación para los impactos ambientales establecidos en la tabla 4. Parte 1.

Impacto Identificado	Medida Curacautín	Medida Cerro Pabellón	Medida Unidad 3 Oikaria	Medida Ciclo Binario 2
Deterioro de la calidad de aire por aumento de las concentraciones de material particulado respirable	<p>1-Respecto de las emisiones de partículas generadas por el tráfico vehicular en sector del camino público R-761 con presencia de viviendas de habitación, el proyecto considera la implementación de un plan de control de emisiones de polvo, mediante humectación de caminos lo que permitirá estabilizar la superficie de rodado y reducir la emisión de material particulado. 2- Utilización de vehículos y maquinarias con certificadas vigentes. 3- Verificación y registro de matenciones adecuadas de vehículos, maquinarias, motores y generadores. 4- Velocidad controlada de circulación de vehículos de obra.</p>	<p>1- Se humectarán periódicamente los frentes de trabajo donde se realicen movimientos de tierra o tránsito de maquinarias relacionadas a la faena, dependiendo de las condiciones climáticas y los requerimientos operacionales. 2- Se estabilizará mediante tratamiento en base a sales de bischofita o uno equivalente, el camino de acceso al área del Proyecto desde el campamento de construcción al área de faenas (tramo de 25 km). 3- Se compactarán y mantendrán los caminos internos que conectarán las plataformas y aquellos que se habilitarán a ambos costados de las tuberías. 4- Se realizará el tránsito de maquinaria y vehículos a baja velocidad. Se instalarán las señalizaciones adecuadas al respecto (velocidad máxima 35 km/h) dentro del área del Proyecto. 5- Se controlará que el transporte de materiales de construcción o escombros se realice en camiones con la carga cubierta por lonas.</p>	<p>1- El mantenimiento adecuado de la planta de fabricación y equipos (incluyendo camiones), de conformidad con las especificaciones del fabricante, reducirá las emisiones de gases nocivos (dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre). Además, los conductores de vehículos de construcción deben ser instruidos para no dejarlos al ralenti, con el fin de reducir la emisión de gases de escape. 2- Durante la construcción y operación, la velocidad de la construcción y otros vehículos en el lugar ya lo largo de los caminos de acceso debe limitarse a reducir los niveles de polvo. 3- Estas medidas se pueden lograr mediante la creación de conciencia entre los operadores de equipos/maquinaria y los conductores de vehículos de construcción. 4- El seguimiento del sulfuro de hidrógeno debe continuar según lo estipulado en el Manual de Operaciones del Medio Ambiente, para incluir la Unidad 3. Los datos deben recogerse en los lugares comparables en los dos sitios. 5- Los impactos acumulativos de las emisiones de H2S deben evaluarse continuamente. 6- Las emisiones de gases no condensables (específicamente el dióxido de carbono, el metano y el radón) deben ser medidos, y luego monitoreados continuamente.</p>	<p>1- Riego en área útil del proyecto y sus accesos. 2- Programa de mantenimiento de maquinaria. 3- Plan de atención a emergencias.</p>
Emisión de gases de combustión y H2S		<p>1- Utilización de maquinaria y vehículos con emision e certificadas, control de las revisiones técnicas de los camiones y vehículos. Sólo se permitirá el uso de vehículos llvianos con menos de tres años de antigüedad o 150.000 km. En caso que esta utilización se realice por contratistas, se verificará su cumplimiento. 2- Los motores de los equipos de construcción serán inspeccionados regularmente y mantenidos de forma que se minimicen las emisiones de gases y los humos. 3- Los motores diesel de la máquina perforadora estarán equipados con compresores y turbos sobre-alimentadores de gran altitud, para reducir las emisiones asociadas con la combustión incompleta por altura y para mantener la potencia de la máquina perforadora.</p>		

Tabla 21: Comparación de las medidas de mitigación para los impactos ambientales establecidos en la tabla 4. Parte 2.

Impacto Identificado	Medida Curacautín	Medida Cerro Pabellón	Medida Unidad 3 Olkaría	Medida Ciclo Binario 2
<p>Deterioro de la calidad acústica, aumento en los niveles de presión sonora</p>	<p>1- El proyecto proveerá los elementos de protección personal tales como protectores auditivos y otros necesarios, además de regular los tiempos de exposición al ruido, para que los trabajadores no estén expuestos a niveles de presión sonora mayores con respecto a lo indicado en la norma. 2- Se considera la utilización de pantallas acústicas, de modo de generar semi-encierros específicos a los grupos electrógenos. Estas pantallas consisten en cierres laterales de panel de madera terciada, panel de tableros o panel de madera aglomerada, o bien se utilizarán equipos generadores que tengan insonorización de fábrica. 3- Uso de maquinaria, motores, generadores y actividades aficientes. 4- Programa de control mantención preventiva de motores y maquinarias.</p>	<p>1- Se proveerá los elementos de protección personal tales como protectores auditivos y otros necesarios, además de regular los tiempos de exposición al ruido, para que los trabajadores no estén expuestos a niveles de presión sonora mayores con respecto a lo indicado en la norma respectiva. 2- Control de emisión de ruidos de vehículos, maquinarias y procesos durante las faenas (consideradas fuentes generadoras). Específicamente: Empleo de tecnologías para el control de ruidos (selección de maquinaria y procedimientos constructivos más "silenciosos"), mantención periódica de motores y maquinarias. 3- Instruir al personal de manera de evitar las tareas ruidosas y de minimizar la práctica de tareas de mal uso de equipos y herramientas. 4- Instruir al personal para que no altere las condiciones normales de operación de la maquinaria y/o encapsulamientos mediante la apertura de escotillas para "ventilar mejor" los equipos. 5- Las pruebas de pozo sólo se llevarán a efecto después de la instalación del dispositivo silenciador. El silenciador es un equipo de abatimiento de emisiones sonoras, incorporado en el diseño de las pruebas de pozo como una medida de mitigación estandarizada en la industria geotérmica.</p>	<p>1- El mantenimiento adecuado de las instalaciones y equipos de construcción de acuerdo con las especificaciones del fabricante (incluyendo camiones) reducirá los niveles de ruido. 2- Reducción de ruido también se puede lograr mediante la sensibilización de trabajadores de la construcción y los conductores, mediante el uso de letreros y la realización de campañas de sensibilización. 3- El movimiento de vehículos pesados por la noche debe ser prohibido. 4- Los impactos de la contaminación acústica pueden ser mitigados en las inmediaciones de la zona afectada si se instalan silenciadores en los equipos para disminuir estos ruidos, y mediante la provisión y aplicación de uso de equipo de protección personal (EPP), ya través de un comportamiento considerado. 5- El seguimiento de los niveles de ruido debe continuar tanto en Olkaría I y II. Además, las mediciones deben ser tomadas durante y después de la construcción de la Unidad 3. 6- Durante la operación, todo el personal que trabaja en la sección de utilidades y la cubierta superior de la sala de turbinas, y el pozo sellado deben usar EPP recomendado.</p>	<p>1- Estudio para el aislamiento acústico y medidas de control de ruido. 2- Establecimiento restringido de horarios de trabajo. 3- Capacitación en seguridad vial, ocupacional y riesgos.</p>
<p>Potencial afectación a reservorios de agua (Superficiales y Subterráneas) y aguas termales</p>	<p>Sin medidas por no considerarse un impacto negativo ni positivo.</p>	<p>No se identifica este impacto dentro del proyecto.</p>	<p>1- El seguimiento de la química de las precipitaciones en el área del proyecto, así como los parámetros químicos de importancia, como se especifica en Manual Ambiental de operaciones de KenGen, por lo que los cambios en la química del lago y las precipitaciones son monitoreados. 2- El seguimiento de elementos significativos también debe cubrir Olkaría II. 3- Se debe hacer un estudio más amplio que cubra todas las granjas hortícolas y de flores, además de otras industrias en la cuenca del lago Naivasha, por lo que las fuentes puntuales de contaminación que afecta a la calidad del agua en el lago Naivasha se pueden establecer. Esta debe ser la responsabilidad del Comité de Gestión del Lago Naivasha. 4- Se debe implementar un programa de monitoreo de aguas subterráneas para evaluar los impactos de fluidos reinyectados en aguas subterráneas, lo que indicaría si de hecho los yacimientos geotérmicos están aislados de la capa freática. Las muestras de pozos seleccionados a menos de 20 kilómetros de los pozos de reinyección deben ser probados para la presencia de un trazador, así como los parámetros tales como el pH, TDS y silicatos.</p>	<p>1- Manejo integral de desechos y residuos durante el proyecto. 2- Manejo integral del ácido sulfúrico y obras para control de derrame.</p>

Tabla 22: Comparación de las medidas de mitigación para los impactos ambientales establecidos en la tabla 4. Parte 3.

Impacto Identificado	Medida Curacautín	Medida Cerro Pabellón	Medida Unidad 3 Olkaria	Medida Ciclo Binario 2
Alteración de ambientes vegetacionales	Sin medidas para este impacto.	<p>1- En forma previa al inicio de las obras, se delimitarán mediante estacas y banderolas las áreas con flora en categoría de conservación, a objeto de evidenciar que se trata de áreas excluidas de trabajos. Lo anterior aplicará, en particular, en aquellas zonas donde se evidenció la presencia de la especie de <i>Azorella compacta</i> (llareta). 2- Se instalarán letreros para señalar estas zonas excluidas. 3- Las zonas excluidas serán identificadas en un plano, el cual se incluirá en los documentos contractuales a las empresas contratistas. Dicho plano señalará la prohibición expresa y absoluta de ingreso a aquellas zonas. La verificación en terreno, de la no intervención de estas áreas excluidas, será supervisada por el responsable en terreno de GDN. 4- Sólo estará permitido acceder a los frentes de trabajos a través de los caminos de construcción habilitados, impidiendo la intervención de otras áreas. 5- Todas las medidas anteriores serán complementadas con charlas ambientales que los contratistas deberán impartir a sus trabajadores, señalándoles los sectores excluidos. Estas charlas incluirán información sobre el valor ambiental y características de las especies, fragilidad o vulnerabilidad de su hábitat.</p>	<p>1- La eliminación de la vegetación y los árboles debe ser estrictamente controlado; debe quedar limitada y no se debe hacer de manera indiscriminada. La diligencia debe ser por parte del contratista y la supervisión adecuada de la fuerza de trabajo es importante en este sentido. 2- Todas las áreas alteradas deben ser re-forestadas, con hierbas, arbustos y árboles locales. Además de la mejora de la estética, esto va a frenar la erosión del suelo en las zonas afectadas. 3- Las áreas despejadas deben ser rehabilitadas rápidamente con flora autóctona necesarias para impedir el crecimiento de especies oportunistas. 4- Toda la salmuera y los condensados vertidos deben ser reinyectados a fin de evitar los posibles efectos tóxicos en la flora. 5- Los trabajadores deben contar con alternativas a la leña y el carbón vegetal para cocinar (por ejemplo, cocinas de queroseno), de modo que se reduce la presión de la leña y el carbón vegetal. 6- Con el fin de evaluar los impactos y tendencias sobre la vegetación dentro del campo Olkaria y el Parque Nacional Hell's Gate, tendrá que llevarse a cabo un estudio detallado sobre la vegetación del Parque y sus alrededores. Esto haría necesario el muestreo en transectos, fotografías aéreas o imágenes de satélite y cartografía. Tal estudio requeriría el aporte de especialistas.</p>	<p>1- Plan de reforestación, siembra de 450 árboles y 1653 arbustos. 2- Programa de educación ambiental. 3- Acopio y reciclaje de material de desbroce.</p>

Tabla 23: Comparación de las medidas de mitigación para los impactos ambientales establecidos en la tabla 4. Parte 4.

Impacto Identificado	Medida Curacautín	Medida Cerro Pabellón	Medida Unidad 3 Oikaria	Medida Ciclo Binario 2
Afectación de especies de fauna y modificación de su hábitat	<p>1- Se creo un plan de manejo especial para el Zorro (<i>Lycalopex sp.</i>) y reptiles de la zona: Se prohibirá la caza, sustracción o alteración de cualquier ejemplar de esta especie de fauna y de cualquiera especie nativa en el área del proyecto, así como también el uso de armas de fuego. 2- Se desarrollará e implementará un programa de capacitación y educación ambiental para todo el personal que laborará en la construcción y operación del Proyecto, para que éste conozca la importancia y valor ambiental de la especie potencial en estado de conservación que habita la zona. 3- Se prohibirá ingerir alimentos y arrojar restos de comida fuera de los lugares específicamente habilitados para tal efecto, así como también prohibir alimentar a los zorros que podrían circular en los alrededores de las faenas. 4- El Proyecto cercará áreas peligrosas, en la medida que sea posible, las áreas donde se acumulen la basura doméstica e industrial, los sectores destinados a combustibles, etc.</p> <p>5- En el área de la red de transporte de fluidos geotérmicos, los caminos interiores serán del ancho mínimo requerido y una vez construida la obra, el acceso por este camino quedará restringido sólo a actividades de inspección y mantenimiento. 6- Se instalaran señalética en los caminos de acceso, indicando la disminución de la velocidad, la importancia de la fauna y el manejo de la basura, esto estará dedicado a conductores y visitantes en general. 7- Se prohibirá la tenencia de perros y gatos en las instalaciones del proyecto ya que depredan sobre fauna nativa y son una fuente de enfermedades hacia los animales silvestres. El proyecto tendrá en forma permanente un encargado ambiental. El que deberá llevar, entre otros, un registro de los avistamientos de zorros.</p>	<p>1- Previo a las obras de instalación de faenas y con el objeto de evitar impactar sobre las poblaciones de fauna nativa existentes en el área del Proyecto reconocidas como de baja movilidad (reptiles), se procederá a efectuar un plan de rescate y relocalización a sitios de similares características a los lugares de origen, y que se encuentren a una distancia no menor a un kilómetro de su ubicación original. El rescate y relocalización estará enfocado en la especie de reptil denominada <i>Liolaemus stolzmannii</i> (lagarto de Stolzmann), en categoría Rara, buscando con ello que no pasen a una categoría de mayor riesgo. 2- En forma previa al inicio de las obras, se señalarán temporalmente las áreas con presencia de vizcacha (<i>Lagidium viscacia</i>) existentes en las proximidades de las obras del Proyecto, con el propósito de excluirlas de las áreas de trabajo, mediante la instalación de estacas y banderolas. 3- Se establecerán señaléticas indicando zona de atraveso de fauna y reducción de velocidad en los lugares de paso de vicuñas, de modo de minimizar la posibilidad de atropellamientos en los caminos. 4- Las zonas excluidas serán identificadas en un plano, el cual se incluirá en los documentos contractuales a las empresas contratistas. Dicho plano señalará la prohibición expresa y absoluta de ingreso a aquellas zonas. La verificación en terreno, de la no intervención de estas áreas excluidas, será supervisada por el responsable en terreno de GDN. 5- En el área de la red de transporte de fluidos geotérmicos, el camino de mantenimiento será del ancho mínimo requerido y una vez construida la obra, el acceso por este camino quedará restringido sólo a actividades de mantenimiento. 6- El diseño de las tuberías de transporte de fluidos geotérmicos contemplará algunos pasos habilitados para vicuñas. 7- Se realizarán charlas de inducción ambiental a todo el personal, enfatizando la importancia de las especies de fauna local. Además se indicarán las áreas de trabajo, las áreas de tránsito y las áreas excluidas, haciendo mención de la absoluta prohibición de ingreso a éstas y de cazar o molestar a los ejemplares presentes en el área. 8- Prohibición de tenencia de cualquier tipo de mascotas o animales en las áreas del proyecto.</p>	<p>1- Las cercas deben estar construidas alrededor de los estanques de salmuera con el fin de prevenir el consumo de la fauna. 2- Todos los vertidos de salmuera y condensado se deben reinyectar. 3- Los drenajes y líneas de vapor deben estar ubicados de manera que no se forman barreras para animales pequeños. 4- Los movimientos de tráfico de construcción en el Parque, así como el tráfico generado por las actividades de KenGen, deben ser controlados. Los límites de velocidad se deben cumplir. 5- Las áreas despejadas deben ser rehabilitadas con vegetación autóctona, tan pronto como sea posible para restaurar los hábitats para la fauna afectadas. 6- Las actividades de construcción deben mantenerse al mínimo para evitar la pérdida de hábitat. 7- Con el fin de establecer el verdadero impacto de la planta geotérmica en la vida silvestre del Parque Nacional Hell's Gate y a las zonas de los alrededores, se tendrá que llevar a cabo un estudio detallado. Al igual que con el estudio de la vegetación, KenGen debe solicitar el apoyo de las diversas partes interesadas para financiar el estudio de forma colectiva.</p>	<p>1- Plan de reforestación. 2- Programa de educación ambiental.</p>
Aumento de la población del sector	Sin medidas para este impacto.	Impacto no identificado en el Proyecto.	<p>1- Mientras que KenGen no sea directamente responsable del crecimiento del asentamiento urbano no planificado, se debe tratar de influir en el Comité de Gestión del Lago Naivasha, así como el Consejo Municipal de Naivasha para abordar esta situación.</p>	Impacto no identificado en el Proyecto.

Tabla 24: Comparación de las medidas de mitigación para los impactos ambientales establecidos en la tabla 4. Parte 5.

Impacto Identificado	Medida Curacautín	Medida Cerro Pabellón	Medida Unidad 3 Oikaria	Medida Ciclo Binario 2
Generación de empleo	Sin medidas para este impacto.	Sin medidas para este impacto.	<p>1- El contratista debe ser cuidadoso, asegurando que el mayor número posible de empleados contratados sea de los asentamientos dentro del área del proyecto y su área de influencia inmediata. 2- Las mujeres también deben tener la oportunidad de participar en el proyecto, con una cuota específica (por ejemplo, 10.5%.) que debe reservarse para las mujeres.</p>	Sin medidas para este impacto.
Aumento en la ocupación de rutas	<p>1- Plan de control de velocidad, considera un mecanismo de inspección de velocidad mediante instrumental adecuado, en forma aleatoria y esporádica por el personal de GGE, dicho control se realizará sin previo aviso a las empresas contratistas que participarán de las labores construcción de la planta geotérmica.</p>	<p>1- Se instalará la señalética adecuada que advierta la presencia de camiones con carga pesada entre el campamento de construcción y las faenas del Proyecto. 2- Se ensanchará la carpeta y estabilizará mediante tratamiento en base a sales de bischofita, u otro equivalente, el camino de acceso al área del Proyecto desde el campamento de construcción al área de faenas (tramo de 25 km).</p>	Impacto no identificado en el Proyecto	<p>1- Señalización de seguridad vial temporal. 2- Capacitación en seguridad vial, ocupacional y riesgos. 3- Señalización vertical vial permanente.</p>
Perdida de superficie del suelo	<p>1- Las obras y actividades que desarrollará el Proyecto intervendrán única y exclusivamente las áreas consideradas en el diseño, evitando cualquier intervención adicional que implique incorporar nuevas superficies de suelo. 2- El tráfico de vehículos livianos, pesados y de maquinarias se realizará exclusivamente por la traza de los caminos interiores, quedando estrictamente prohibida la circulación a campo traviesa y por áreas no intervenidas. 3- Las instalaciones de faenas serán emplazadas en superficies de terrenos acotadas y definidas, evitando intervenciones que resulten innecesarias. 4- Al término de las obras de construcción, las áreas intervenidas por las labores de construcción, serán descompactadas a través de escarillado y reperfiladas, en el caso de resultar esto último necesario.</p>	Impacto no identificado en el Proyecto.	<p>1- Los movimiento de tierras debe ser controlado durante la fase de construcción, por lo que la tierra que no se requiere para las obras se deja sin ser molestada. 2- Del mismo modo, la vegetación no debe ser perturbada innecesariamente, sobre todo durante la instalación de las líneas de vapor. 3- Las actividades de excavación, la organización y el vertimiento de escombros deben ser gestionados correctamente. 4- La Cantera X2 que ha sido recientemente rehabilitada, debe ser ajardinada y revegetada después de su uso con el fin de evitar la erosión. 5- Los documentos de licitación deben estipular que, siempre que sea posible, los movimientos de tierra deben llevarse a cabo durante la estación seca para evitar que el suelo sea arrastrado por la lluvia. 6- La erosión a lo largo de las rutas de las líneas de vapor puede ser controlada mediante la introducción de diques, captación de agua en drenajes y/o bermas. Ver las presas y buscar en los controles, los intervalos específicos que necesitan ser instalados, dependiendo de la pendiente de la ladera. Todas estas estructuras deben estar bien diseñadas, bien construidas y mantenidas con regularidad para que la escorrentía no cree barrancos. 7- La revegetación de áreas perturbadas debe llevarse a cabo tan pronto la construcción concluya. 8- Con el fin de garantizar que la protección medio ambiental se tendrán en cuenta estos temas durante la construcción, que deben ser especificados en el pliego de condiciones.</p>	<p>1- Compensar la eliminación de flora (45 árboles y 1653 arbustos), la afectación a la fauna y su hábitat a través de un plan de reforestación en zonas asignadas por la Alcaldía Municipal de Alegría. 2- Acopio y disposición de suelo orgánico, reduce la pérdida total del suelo orgánico que se removerá en la subactividad de Terracería y Conformación de Taludes que se ejecutarán dentro de la Etapa de Construcción de la Unidad Ciclo Binario 2.</p>



Tabla 25: Comparación de las medidas de mitigación para los impactos ambientales establecidos en la tabla 4. Parte 6.

Impacto Identificado	Medida Curacautín	Medida Cerro Pabellón	Medida Unidad 3 Oikaria	Medida Ciclo Binario 2
Alteración del valor paisajístico y calidad	Sin medidas para este impacto.	<p>1- Las obras y actividades del Proyecto se emplazarán preferentemente en áreas de baja incidencia visual. 2- Propender a la reutilización de excedentes del material de excavación, en rellenos de plataformas, piscinas e instalaciones del Proyecto, minimizando los volúmenes de material a mover. 3- Para la construcción de las instalaciones del Proyecto se privilegiará el uso de materiales y fachadas de colores armónicas con el entorno.</p>	<p>1- Una vez que los movimientos de tierra se han hecho, la restauración de la zona trabajada debe llevarse a cabo de inmediato, por el relleno, jardinería y plantación de césped o arbustos. 2- La mitigación puede lograrse a través de la limpieza de escombros de construcción, manteniendo los niveles de polvo bajo y la rehabilitación del sitio de la cantera X2. 3- Plantación de especies endémicas en el sitio de la cantera X2 también serviría para mitigar los impactos visuales. KenGen tiene un vivero de árboles que ya ha plantado algunos árboles jóvenes, 4000 en el sitio. 4- Además, el sitio debe ser ajardinado mediante la plantación de especies de árboles endémicos, arbustos y hierbas, alrededor de las unidades de energía y edificios administrativos, y a lo largo de la valla fronteriza.</p>	<p>1- Siembra de cerca viva, en específico árboles de Ojushte .</p>