



¿CÓMO ENTENDER LA ENERGÍA BAJO TUS PIES?

**BENEFICIOS Y GESTIÓN
SOCIOAMBIENTAL EFECTIVA
DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS
EN AMÉRICA LATINA
Y EL CARIBE**



CONTENIDO

AUTORÍA Y AGRADECIMIENTOS	5
1 RESUMEN EJECUTIVO	7
2 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	12
3 LA ENERGÍA GEOTÉRMICA: BENEFICIOS, OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS	15
3.1 LA ENERGÍA GEOTÉRMICA Y SU POTENCIAL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA	16
3.2 BENEFICIOS Y OPORTUNIDADES DEL DESARROLLO GEOTÉRMICO EN LA TRANSICIÓN DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS A UN MODELO SOSTENIBLE	21
3.3 LA OPORTUNIDAD DE LOS USOS DIRECTOS DEL RECURSO GEOTÉRMICO	23
3.3.1 Balneología y Turismo	26
3.3.2 Calefacción Distrital y de Edificios	27
3.3.3 Actividades Agroindustriales	30
3.3.4 Acuicultura y Crianza de Animales	35
3.3.5 Aplicaciones Industriales: minería y química	36
3.4 EMPLEO E INTERESES LOCALES	37
4 IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES DE PROYECTOS DE ENERGÍA GEOTÉRMICA Y SU MITIGACIÓN	38
4.1 CONTEXTO AMBIENTAL Y SOCIAL DE LAS ÁREAS GEOTÉRMICAS	39
4.2 IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES TÍPICOS DE PLANTAS GEOTÉRMICAS	43
4.3 IMPACTO DE LAS INSTALACIONES ASOCIADAS A PLANTAS GEOTÉRMICAS	47
4.4 MEDIDAS DE MITIGACIÓN TÍPICAS AL IMPACTO DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS	48
4.5 COMPARACIÓN DE IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DE LA GEOTERMIA CON OTRAS TECNOLOGÍAS	55



5 ESTRATEGIAS DE CONSULTA Y PARTICIPACIÓN SOCIAL Y COMUNICACIÓN DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS	58
5.1 PROCESOS DE SOCIALIZACIÓN Y CONSULTA Y MECANISMO DE GESTIÓN DE QUEJAS Y RECLAMOS	62
5.1.1 Identificación y Mapeo de Partes Interesadas	62
5.1.2 Estrategia de Comunicación	66
5.1.3 Consultas	76
5.1.4 Mecanismo de Quejas y Reclamos	83
5.2 CONSULTA Y PARTICIPACIÓN PARA POBLACIÓN INDÍGENA	87
5.3 ADQUISICIÓN DE TIERRAS Y REASENTAMIENTO INVOLUNTARIO Y LA IMPORTANCIA DEL PROCESO DE CONSULTA	91
5.4 GESTIÓN DE ASPECTOS DE GÉNERO	94
6 CONCLUSIONES	101
7 REFERENCIAS	
APÉNDICE A:	
TECNOLOGÍAS USADAS Y PASOS A SEGUIR EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS	113
1 TECNOLOGÍAS USADAS EN PROYECTOS GEOTÉRMICOS	114
1.1 PERFORACIÓN DE POZOS	114
1.1.1 Tipos de Pozos	114
1.1.2 Equipos de Perforación	115
1.2 TIPOS DE PLANTAS DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON BASE EN LA GEOTERMIA	117
1.2.1 Plantas Geotérmicas de Vapor Seco	117
1.2.2 Plantas Geotérmicas de Vapor Flash	118
1.2.3 Centrales Geotérmicas de Ciclo Binario	118
1.2.4 Sistemas Geotérmicos Mejorados	119



APÉNDICE B:	
PRINCIPALES IMPACTOS SOCIALES Y AMBIENTALES DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS	120
1 IMPACTOS Y RIESGOS POTENCIALES: AMBIENTALES Y BIÓTICOS	121
1.1 CALIDAD DEL AIRE	121
1.2 USO DE AGUA	123
1.3 RUIDO	124
1.4 EFLUENTES Y RESIDUOS	125
1.5 CAMBIOS EN EL USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO	125
1.6 BIODIVERSIDAD	128
1.7 MICROSISMOS	128
2 IMPACTOS Y RIESGOS POTENCIALES: SOCIALES Y DE SALUD Y SEGURIDAD	130
2.1 ADQUISICIÓN DE TERRENOS Y CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO	130
2.2 USO Y CONSUMO SOCIAL DE AGUA	130
2.3 SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES	131
2.4 SALUD Y SEGURIDAD DE LA COMUNIDAD	132
2.5 VOLUMEN DE TRÁFICO	133
2.6 GÉNERO	133
2.7 POBLACIONES INDÍGENAS Y SUS TERRITORIOS	134
2.8 TURISMO	134
2.9 EMPLEO E INGRESOS	134
2.10 PATRIMONIO CULTURAL	136
APÉNDICE C:	
MECANISMOS DE FINANCIAMIENTO PARA PROYECTOS DE GEOTERMIA	137
1 FINANCIAMIENTO A NIVEL NACIONAL	139
2 PROGRAMAS DE FINANCIAMIENTO MULTILATERAL	141
APÉNDICE D:	
MARCO REGULATORIO DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS EN LA REGIÓN	144
1 REGULACIONES Y POLÍTICAS NACIONALES	145
2 ESTÁNDARES INTERNACIONALES	150
2.1 MARCO DE POLÍTICA AMBIENTAL Y SOCIAL DEL BID	150
2.2 GRUPO BANCO MUNDIAL – CORPORACIÓN FINANCIERA INTERNACIONAL	154



AUTORÍA Y AGRADECIMIENTOS

Autores:

Christiaan Gischler, Ricardo Calvo, Susana Arispe, Doris Domingo, Javier García, Gastón Siroit, Michelle Ramírez, Andrea Gaviano, Pilar Larreamendy, Luciano Bornholdt y Federico Goldenberg.

Esta publicación surge como un trabajo conjunto de los equipos de Environmental Resources Management (ERM) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Los autores agradecen los valiosos comentarios y recomendaciones de Steven Collins (BID), Juan Martínez (BID), Lenin Balza Angulo (BID), Nicolás Gómez Parra (BID), José Antonio Urteaga (BID), Diana Solís (Secretaría de Energía de Honduras-SEH), Cristian Irias (SEH), José Fabio Sojo (SEH) y Verá Cano (SEH), por sus valiosos comentarios y recomendaciones.

Igualmente, los autores agradecen a todos los desarrolladores de proyectos geotérmicos entrevistados por compartir sus valiosas experiencias y contribuir para hacer este documento posible.

Índice de siglas:

ALC	- América Latina y el Caribe
BID	- Banco Interamericano de Desarrollo
CCGT	- Ciclo Combinado de Gas Natural
CDB	- Banco De Desarrollo del Caribe (POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)
CHP	- Combined Heat Power
CLPI	- Consentimiento Libre, Previo e Informado
EGS	- Enhanced Geothermal Systems
EIA	- US Energy Information Association
EIA	- Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)
EPP	- Equipo de Protección Personal
ERM	- Environmental Resources Management
ESMAP	- Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de la Energía
FAO	- Organización de las Naciones Unidas para la Comida y la Agricultura
GDC	- Geothermal Development Company
GEA	- La Asociación de Energía Geotérmica (POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)
GEI	- Gases de Efecto Invernadero
ICE	- Instituto Costarricense de Electricidad
IDAE	- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
IFC	- International Financial Cooperation
IGA	- International Geothermal Association
IRENA	- International Renewable Energy Agency
LCOE	- Costo Nivelado de la Electricidad (POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)
LULUCF	- Land Use, Land-Use Change and Forestry
MQR	- Mecanismo de Quejas y Reclamos
OLADE	- Organización Latinoamericana de Energía
ONG	- Organizaciones No Gubernamentales
ORC	- Organic Rankine Cycle
PM	- Partículas
SPCC	- Plan de Control y Contramedidas de Prevención de Derrames
TEM/MT	- Mediciones Electromagnéticas Transitorias Magnetotélúricas (POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)
UNESCO	- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
VG	- Violencia de Género
WEF	- World Economic Forum
WING	- la organización no gubernamental Mujeres en Geotermia (POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)

1

RESUMEN EJECUTIVO

1.

RESUMEN EJECUTIVO

La región de América Latina y el Caribe (ALC) cuenta con un gran potencial de energía geotérmica, estimado entre 11 a 55 GW (ESMAP, 2018). Ésta es una energía limpia, renovable y de base especialmente resiliente a los efectos del cambio climático. A finales del 2019, en ALC se contaba con una capacidad instalada de generación eléctrica proveniente de la geotermia de 1.74 Gigavatios (GW), con México liderando como productor con una capacidad instalada cercana a 976 MW (IRENA, 2022). El recurso geotérmico aprovechado en la actualidad, tanto para generación eléctrica como para usos directos de calor, es por lo tanto muy acotado y con un gran espacio de crecimiento. Si tomamos como referencia la capacidad eléctrica global instalada en la región (457 GW) (BID, 2020), la energía proveniente de la geotermia cubre menos del 1% (IRENA, 2020d).

La geotermia y sus múltiples beneficios

La geotermia es un recurso renovable a partir del cual se puede generar electricidad con gran seguridad y flexibilidad de suministro. Ofrece

factores de capacidad superiores al 90% y precios competitivos que pueden estar por debajo de los US\$0.09/kWh (Lazard, 2018). Esta tecnología permite, por tanto, reforzar la seguridad de los sistemas eléctricos durante los periodos largos de sequía en los que la hidroeléctrica se ve reducida, facilitar e incrementar la integración de los parques solares y eólicos al respaldar su intermitencia, y permite reducir la dependencia de la generación de combustibles fósiles.

Además, el recurso geotérmico permite el aprovechamiento directo de fluidos calientes en actividades productivas, pudiéndose ligar estas aplicaciones en esquemas de cascada asociados a plantas de generación eléctrica. En el contexto actual global de descarbonización de la economía y de diversificación de las actividades productivas, la geotermia ofrece grandes oportunidades para los países que cuentan con este recurso. La geotermia se puede utilizar en invernaderos permitiendo diversificar los cultivos de determinadas áreas o ampliar la temporada de producción. Kenia es uno de los casos de éxito internacional en la industria de cultivo de flores, donde la geotermia aporta regulación



de temperatura, lucha contra hongos y mejora atmosférica para el desarrollo de las plantas. En áreas de frío como en la cordillera de los Andes, la geotermia puede ser utilizada en sistemas de calefacción distrital o para la construcción de refugios para el ganado contra el friaje. También tiene importantes aplicaciones agroindustriales que pueden mejorar la seguridad de suministro alimenticio, al combatir la merma de productos perecederos, y aumentar la productividad de áreas rurales, siendo aplicable en actividades de secado de granos de café, deshidratación de frutas y alimentos, pasteurización de leche, o pelado de papas. La geotermia también encuentra interesantes aplicaciones en la industria química, facilitando ciertas reacciones sin necesidad de utilizar combustibles fósiles, y en la minería, al poder extraerse muchos minerales relevantes de las salmueras geotérmicas. En países como China, Japón, Turquía, Brasil o México (Lund and Toth, 2020), los manantiales geotérmicos han generado toda una economía y un ecosistema turístico en torno a los balnearios termales.

Unos impactos reducidos y gestionables

Los desarrollos geotérmicos pueden presentar algunos impactos sociales y ambientales en temas de calidad del aire, ruido, uso de suelos y recursos hídricos. No obstante, estos impactos negativos son generalmente menores a los de otras tecnologías de generación eléctrica y tienen sencillas medidas de mitigación. La geotermia es una tecnología con emisiones de gases de efecto invernadero muy reducidas, con muy poca intensidad de uso de terreno, y que puede explotar acuíferos profundos de una manera sostenible reinyectando los fluidos. Se aclara de todos modos que, en algunos casos, puede

presentar un impacto visual en ciertos paisajes y puede intensificar olores ya presentes si las aguas son sulfurosas. De esta manera, una de las grandes barreras a superar en el proceso de desarrollo de proyectos geotérmicos es el correcto entendimiento de su funcionamiento, del alcance de sus impactos y de las oportunidades que ofrece, en particular por parte de las comunidades establecidas en el entorno del recurso.

Los desarrolladores geotérmicos deben recordar que la energía geotérmica es una tecnología aún bastante desconocida por el público en general. Así, las comunidades aledañas a áreas de desarrollo geotérmico suelen presentar dudas sobre la naturaleza de la tecnología geotérmica y su relación con otras actividades extractivas, sobre el impacto en sus cultivos y acuíferos, o sobre las oportunidades laborales y económicas que traerá, además del impacto paisajístico que pueda conllevar. La correcta gestión de aspectos socioambientales en desarrollos geotérmicos se debe observar como una parte esencial del proyecto, y no como un mero gasto necesario para satisfacer regulaciones existentes o requisitos de financiadores. El involucramiento de las comunidades locales desde la conceptualización del proyecto geotérmico garantizará su éxito en la construcción y su sostenibilidad operativa.

Para facilitar la implementación del proyecto, será clave seguir una serie de procedimientos de comunicación, consulta y participación social con estas comunidades que permitan crear un ambiente de confianza y colaboración con los desarrolladores. Será importante en esta estrategia de comunicación, contar con una correcta identificación y mapeo de las partes interesadas y de sus cuestiones e intereses que permita realizar la campaña de comuni-



cación con éxito, abordando percepciones erróneas, realizando asambleas formales, entrevistas, talleres de trabajo, mesas redondas y haciendo uso de las nuevas herramientas digitales para ampliar la difusión. Los mecanismos de quejas y reclamos deben estar activos, ser fácilmente accesibles y dinámicos en las respuestas. Todos estos mecanismos cobran especial importancia en aquellas situaciones en las que el proyecto afecte a comunidades indígenas o implique adquisición de tierras o reasentamiento involuntario. También, en el diseño de proyectos geotérmicos no deben

olvidar el rol que tienen en la creación de nuevas oportunidades económicas en las comunidades locales, y el impacto que éstas pueden tener para reducir la desigualdad de género.

Acompañando a la descripción técnica de metodologías de comunicación y medidas de comunicación, este estudio ha recogido la experiencia de proyectos geotérmicos que muestran referencias de éxito en la gestión de aspectos socioambientales. En el cuadro a continuación se resumen aquellos que resultan más representativos.

PROYECTO	PAÍS	TEMA	CASO
Apaseo Grande	Mexico	Comunicación	Utilización de las estructuras sociales locales (sindicatos, líderes comunales, etc) para maximizar el alcance de la campaña de comunicación
		Usos directos	El calor geotérmico se utilizaría para secado de alfalfa de los ganaderos locales
		Propiedad de tierras	Estudiar la propiedad de la tierra para adelantar el interés de venta de sus propietarios
Bjarnarflag	Islandia	Usos directos	La planta de generación eléctrica produce vapor para calefacción urbana, electricidad y agua para el spa geotérmico en el lago Mývat. Es un referente de este tipo de actividades que ya se han vuelto comunes en Islandia
Cerro Pabellón	Chile	Género	Involucramiento específico de mujeres en los procesos de consulta para poder identificar oportunidades laborales con aspectos de género, particularmente para mujeres emprendedoras
		Poblaciones Indígenas	Involucramiento y transparencia con las poblaciones indígenas desde la conceptualización del proyecto
Domo San Pedro	México	Comunicación	Estudios y campañas de comunicación para desmentir aspectos relacionados con malos olores y gases tóxicos. Comunicar usando un lenguaje accesible y gráfico mediante trípticos
		Género	Instalación de un deshidratador de fruta adosado a la central y con una fuerza laboral centrada en las mujeres



PROYECTO	PAÍS	TEMA	CASO
Geoplatanares	Honduras	Oportunidades laborales	La planta ha involucrado a la comunidad dando oportunidades laborales en el mantenimiento de la infraestructura, por ejemplo en el cuerpo de seguridad
		Comunicación	Actividades pedagógicas y transparencia en el desarrollo del proyecto para clarificar las diferencias entre actividades extractivas y la geotermia
		Propiedad de tierras	Un detallado registro de los documentos de propiedad de tierra para evitar conflictos futuros
Miravalles	Costa Rica	Comunicación	Una estrategia de participación en el largo plazo para involucrar a la población y ONGs locales, y que sientan propiedad del proyecto
Mokai	Nueva Zelanda	Poblaciones Indígenas	La geotermia como mecanismo para empoderar a las poblaciones indígenas y como fuente de negocio y desarrollo social para estas
Nevis	Nevis	Comunicación	Realizar una campaña de consultas virtuales para los estudios de impacto social y ambiental en un contexto de limitación de los viajes
Olkaria	Kenia	Usos directos	La planta de generación eléctrica también provee calor y gases desinfectantes para optimizar el cultivo de flores
Pailas	Costa Rica	Comunicación	Sostenibilidad del canal de comunicación con la comunidad durante la operación de la planta para mantener la aceptabilidad
		Propiedad de tierras	Incorporar técnicas de perforación direccional para reducir los impactos a la superficie y minimizar la tala de bosque.
Paipa	Colombia	Comunicación	Realización de ciclos de capacitación de la comunidad para abordar el desconocimiento sobre la geotermia
San Vicente	San Vicente y las Granadinas	Reasentamiento	Un proceso de reasentamiento en coordinación con el gobierno y con atención al detalle de cada caso
Waesano	Indonesia	Propiedad de tierras	Para minimizar el impacto de adquisición de tierras y en las zonas habitadas, el proyecto usa perforación direccional en la construcción de los pozos



2

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

2.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La región de Latinoamérica y el Caribe consume más de 850 Mtep de energía anualmente, con una expectativa de alcanzar los 1,538 Mtep para 2040 (Balza et al, 2016). La región contribuye aproximadamente al 8% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. A pesar de que la matriz energética de la región ya se caracteriza por una alta participación de las energías de generación eléctrica renovables, (45%, mayoritariamente en forma de hidroelectricidad, (Yépez et al. 2018)) todos los países de ALC han desarrollado ambiciosos compromisos de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático. El sector energético se encuentra en el centro de esta estrategia, al ser responsable del 36% de las emisiones de la región (sin contar transporte ni LULUCF, (Climate Watch, 2020)). Además, las energías renovables han demostrado ser una fuente de innovación y desarrollo productivo que puede apoyar la diversificación de las economías latinoamericanas.¹

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) está comprometido, como queda reflejado en

su Visión 2025, a promover el crecimiento de oportunidades para todos en ALC de una manera sostenible, con el objetivo de reactivar el sector productivo, promover el avance social y fortalecer la gobernanza. El Banco ha estructurado su Visión 2025 en cinco pilares: (i) integración comercial de ALC, (ii) promover la economía digital mediante políticas públicas y nuevas inversiones, (iii) apoyo financiero a pequeñas y medianas empresas y fomentando nuevos marcos regulatorios, (iv) compromiso con la igualdad de género y la diversidad y (v) promoción de acciones para la lucha contra el cambio climático.

En este contexto, la geotermia se presenta como una oportunidad importante para los países de ALC para desarrollar estrategias de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y para fomentar la diversificación de las economías locales. Esto tanto aquellos que disponen de este recurso en abundancia principalmente para generación eléctrica, como otros que puedan aprovechar calor en menor temperatura, pero suficiente para procesos

¹ <https://www.iadb.org/en/about-us/overview>



agrícolas, industriales y calor domiciliario. Es una fuente de energía fiable, firme, y con aplicaciones tanto en el sector eléctrico como en actividades productivas a través de los fluidos calientes. A pesar de su potencial, una barrera importante para su desarrollo es la falta de conocimiento sobre sus beneficios y una mayor incorporación de las comunidades locales en los procesos de toma de decisión sobre los proyectos geotérmicos.

Así, esta publicación tiene dos objetivos principales:

- Proporcionar un contexto introductorio del desarrollo geotérmico en ALC desde una mirada socioambiental, destacando sus beneficios y oportunidades clave, así como los principales impactos socioambientales potenciales a ser tenidos en cuenta;
- Documentar buenas prácticas en materia socioambiental, enfatizando los mecanismos de participación y comunicación con las partes interesadas y la participación de la población local en las posibles oportunidades económicas generadas por proyectos geotérmicos. Se describen estudios de casos y experiencias exitosas a nivel internacional.

En particular, este documento se enfoca en el desarrollo de procesos efectivos para conseguir una buena estrategia de comunicación social, identificando metodologías para lograr una participación de largo plazo con las comunidades que se encuentran en el área de influencia de este tipo de actividades, así como de otras partes interesadas, y lograr la aceptación de la comunidad en proyectos de desarrollo geotérmico.

El primer capítulo presenta los beneficios y oportunidades que puede aportar la geoter-

mia, con especial énfasis en los usos directos, y recogiendo casos de éxito internacionales que sirvan como ejemplo. El capítulo segundo analiza los principales impactos ambientales y sociales que se pueden esperar de estos proyectos y las medidas de mitigación más apropiadas y comúnmente usadas. El capítulo tercero repasa las principales barreras que impiden a los proyectos geotérmicos desarrollarse, seguido por el capítulo cuarto que analiza las mejores estrategias de participación social y comunicación en proyectos geotérmicos. Finalmente, el documento tiene 4 apéndices: el Apéndice A, profundiza en la información relativa al funcionamiento de la tecnología geotérmica; el Apéndice B, detalla los impactos sociales y ambientales potenciales; el Apéndice C, describe los principales mecanismos financieros de mitigación de riesgo en los proyectos, y por último, el Apéndice D, que recopila los marcos regulatorios existentes en la región relativos a la geotermia.

Esta publicación concluye mostrando los beneficios sociales que la geotermia puede tener sobre las poblaciones locales, especialmente las rurales, no solo para generación eléctrica, sino a través de sus múltiples aplicaciones directas en actividades productivas y cómo una correcta campaña de socialización no solo facilita la implementación de los proyectos geotérmicos, sino que, además, permite el involucramiento de las comunidades en su posterior operación.

Este documento se espera que sea de particular utilidad para instituciones públicas y desarrolladores de proyectos, así como organizaciones no gubernamentales (ONG) y otros grupos de la sociedad civil interesados en el desarrollo de proyectos geotérmicos.



3

LA ENERGÍA GEOTÉRMICA: BENEFICIOS, OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS

3.

LA ENERGÍA GEOTÉRMICA: BENEFICIOS, OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS

3.1 LA ENERGÍA GEOTÉRMICA Y SU POTENCIAL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA

La energía geotérmica se genera continuamente por la desintegración de los materiales en el núcleo de la Tierra y se almacena en forma de calor en las rocas o reservorios acuíferos subterráneos. Luego puede ser transportada a la superficie de la Tierra a través de volcanes, fumarolas, flujos de aguas termales y géiseres. Por esta razón, la mayoría de los reservorios geotérmicos están ubicados cerca de los límites de placas tectónicas (ESMAP, 2012).

Este tipo de energía puede ser aprovechada de diversas maneras presentando importantes ventajas. Por un lado, se pueden realizar aprovechamientos directos de los fluidos calientes; por ejemplo, para la calefacción de espacios, como acuicultura y operaciones de invernadero, los cuales se discuten en la Sección 3.3. Por otro lado, se puede utilizar para generar electricidad a través de turbinas de vapor, como se viene haciendo desde principios del siglo XIX, mediante el aprovechamiento térmico de un recurso que es renovable, continuo y confiable, como es el fluido hidrotermal; el Apéndice

A, describe las tecnologías más comunes y los pasos a seguir en el desarrollo de proyectos de generación de electricidad con base a la geotermia.

Las principales características ventajosas de la energía geotérmica son las siguientes:

- Generación térmica sin uso de combustibles fósiles.
- Suministro energético constante y con flexibilidad de regulación.
- Precios de la energía eléctrica resultante entre US\$0.07/kWh y US\$0.11/kWh (Lazard, 2020).
- Baja intensidad en el uso de la tierra (0.4 - 5.3 hectáreas/MW, ver Apéndice B, 1.5).
- Bajas emisiones de gases de efecto invernadero: desde 122g/kWh de media en tecnología flash hasta nulas en tecnología binaria (ver Apéndice B, 1.1).



- Mayor resiliencia al impacto de eventos climáticos, como vientos fuertes, que otras energías renovables no convencionales (e.g solar, eólica).
- Son una considerable fuente de generación de empleo: un proyecto geotérmico de 50MW genera, de media, unos 155 puestos de trabajo por año durante la construcción y entre 35 y 60 empleos permanentes durante un periodo de 30 a 50 años durante la operación (Matek, 2015).

Por lo tanto, la geotermia es una tecnología clave en las actividades para mitigación de cambio

climático. Es una fuente de energía sostenible que puede ayudar a minimizar la dependencia de los combustibles fósiles y, por tanto, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), proteger a los países de la volatilidad de los precios de combustibles fósiles, y facilitar la integración de fuentes renovables intermitentes en la red (proveyendo un suministro firme y flexible).

La Tabla 3-1 resume algunos de los principales factores económicos, sociales y ambientales de las plantas de energía geotérmica en comparación con otros tipos de energía renovable.

Tabla 3-1:
Algunas Características de la Geotermia en Comparación Con Otros Tipos de Energía Renovable

		GEOTERMIA	HIDRO	EÓLICO	SOLAR PV
Económico	Costo Nivelado Energía, US\$/MWh, media ^a	71 ²	44	39	57
	Costos de Inversión, US\$/kW, media ^a	4,468	1,870	1,355 (ons.)	883
	% Factor de capacidad (Nevada, 2019) ^b	80.7%	24.3%	25.1%	27.8%
Social	Años de duración de la construcción	3-7	4-7	1-2	1
	Trabajos directos e indirectos creados por MW instalado	7.82	1.72	1.95	6.4
Ambiental (ciclo vital)	Emisiones medias de GEI en el Ciclo de Vida (gCO ₂ e/kWh) ^d	30 ³	8	11	45
	Uso de agua Ciclo de Vida (Gal/kWh) ^e	0.232	4.5	0.01	0.13
	Uso de suelos (Ha/MW) ^f	0.4-5.3	127.6	8.9-100	1.9-17.6

Fuentes:

a. (IRENA, 2020c)

b. (EIA, 2019)

c. basado en (IRENA, 2020c) y considerando una capacidad instalada mundial de 2,540GW de energías renovables en 2019

d. (NREL, 2013)

e. (Clark et al, 2010)

f. USU, 2015

Salameh, 2014

USCS USA, 2013

² Sin aplicar esquemas de financiamiento contingentes

³ Media entre EGS, Flash y binario

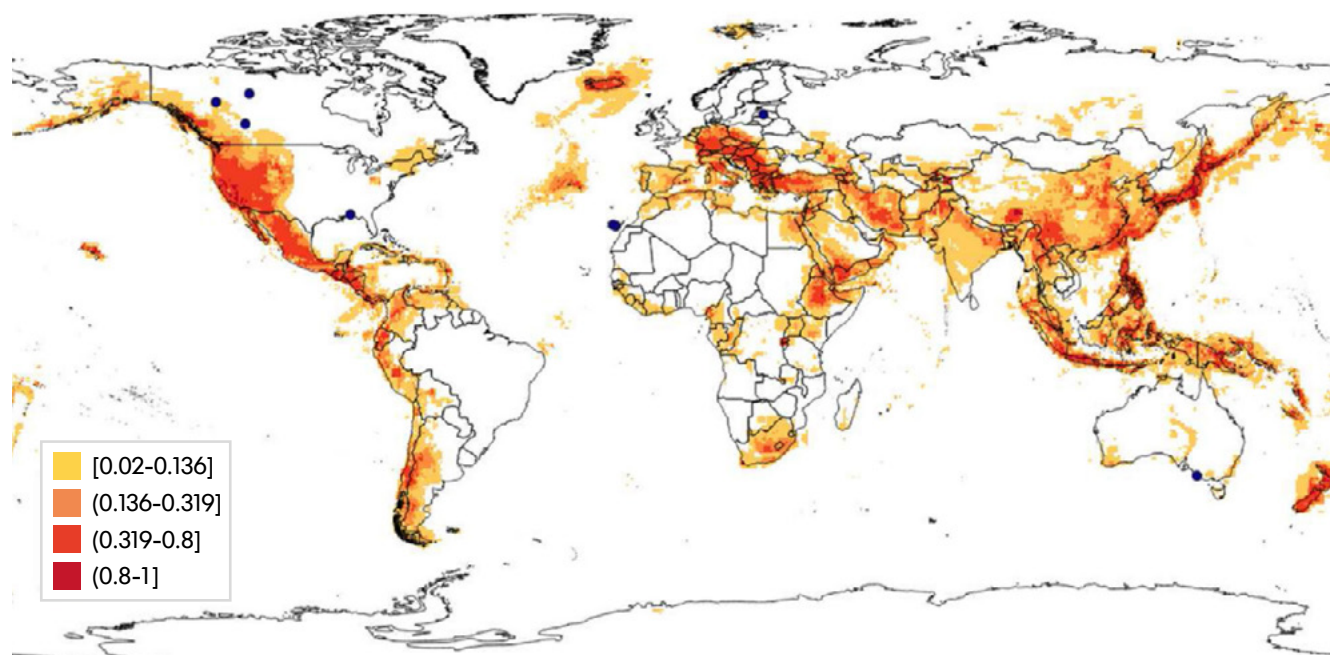


Se estima un potencial mundial de generación eléctrica a partir de energía geotérmica de entre 70 y 80 GW (ESMAP, 2016), con un potencial técnico⁴ que ascendería hasta 200 GW (IRENA, 2017; Coro y Trumpy, 2020). En 2019, solo alrededor del 19% (15.400 MW) de los reservorios geotérmicos mundiales han sido explotados para la generación de electricidad (IGA, 2020). De los veintinueve países que han instalado plantas de energía geotérmica, siete países (Estados Unidos, Indonesia, Filipinas, Turquía, Kenia, Nueva Zelanda y México) tienen más del 80% de la capacidad mundial instalada.

Una de las regiones tectónicamente más activas del mundo es el Cinturón de Fuego del Pacífico, que corre a lo largo de la costa pacífica de Asia y el continente de América y tiene un gran potencial geotérmico (la Figura 3-1 presenta la distribución de idoneidad geotérmica prevista, donde los colores más oscuros / cálidos representan un mayor potencial para la producción de electricidad). Se ha estimado que el potencial de generación de energía geotérmica en ALC está entre 11 y 55 GW (ESMAP, 2018). La incertidumbre en estas estimaciones se debe principalmente a la necesidad de nuevas campañas exploratorias detalladas en ALC; sin embargo, se estima que existe suficiente potencial para reemplazar una parte significativa de la energía de combustibles fósiles (ESMAP, 2018).

Figura 3-1:

Idoneidad Geográfica de las Plantas de Energía Geotérmica. Los colores más oscuros indican mayor idoneidad para la geotermia, según el modelo de máxima entropía (fuente: Coro & Trumpy, 2020)



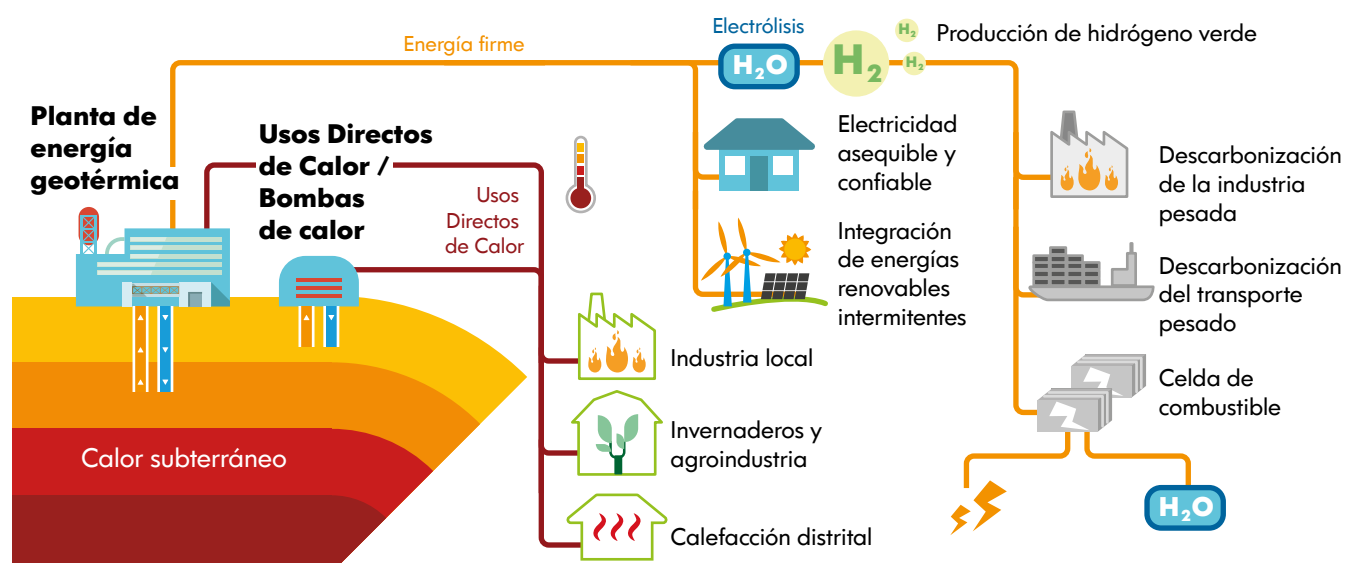
⁴ El potencial técnico se refiere a la generación de energía potencial sin considerar las limitaciones económicas o de mercado.



En el 2022, se reportan diecisiete plantas de energía geotérmica en ALC con una capacidad total instalada de 1.664,7 MW. ALC cuenta con 25 países y territorios con potencial geotérmico (ESMAP, 2018); sin embargo, actualmente solo 8⁵ países tienen capacidad de energía instalada. México tiene la capacidad instalada más alta (952.7 MW a 2022) y representa más de la mitad de la capacidad actual de ALC. Después de México, están Costa Rica (207 MW), El Salvador (204 MW), Nicaragua (150 MW), Guatemala (49 MW), Chile (48 MW), Honduras (38 MW) y Guadalupe (16 MW). La Figura 3-3 muestra la ubicación de las centrales eléctricas geotérmicas instaladas y sus capacidades. Actualmente hay más de una docena de países en ALC que tienen proyectos geotérmicos en curso, que incluyen la exploración, desarrollo y construcción de nuevas plantas y también la expansión de plantas existentes. Esta expansión contribuirá a satisfacer un crecimiento proyectado de demanda de electricidad en ALC, la cual se espera que se duplique para 2040, alcanzando 3.650 TWh y requiriendo una

nueva capacidad instalada de más de 400GW (OLADE, 2018a). La capacidad instalada actual en ALC representa solo un porcentaje muy acotado del potencial geotérmico estimado en la región, por lo que existe un gran potencial para que esta tecnología pueda proporcionar una solución a la dependencia de combustibles fósiles y a la intermitencia ofrecida por las renovables no convencionales.

Tal como muestra la figura 3.2, la geotermia no solo puede proveer de electricidad sino también de calor, para usos en invernaderos, calefacción distrital, calor industrial, entre otros. Así mismo, la geotermia puede generar energía firme y de base, 24 hrs y 7 días a la semana. Tiene la ventaja que puede balancear la intermitencia de otras renovables no convencionales como solar y eólica, y además puede ser el precursor del hidrógeno verde, que a su vez puede contribuir a descarbonizar la industria pesada, transporte o volver a producir electricidad a través de una celda de combustible.



5 Chile, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Guadalupe (FR). Actualmente Colombia cuenta con una planta geotérmica piloto en los Llanos Orientales con una potencia instalada inferior a 1MW. El piloto generará hasta 72.000 kWh de energía eléctrica y permitirá reducir hasta 550 toneladas de CO₂e anuales

Figura 3-3:

Capacidad Geotérmica Instalada en América Latina y el Caribe



3.2 BENEFICIOS Y OPORTUNIDADES DEL DESARROLLO GEOTÉRMICO EN LA TRANSICIÓN DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS A UN MODELO SOSTENIBLE

Los sistemas eléctricos se enfrentan en los próximos años al reto de descarbonizar su matriz de generación sin comprometer ni la seguridad ni la calidad del suministro. La generación solar fotovoltaica y la generación eólica han sufrido una importante caída de costos de inversión en la última década que los ha hecho muy atractivos, unido a la relativa sencillez de sus instalaciones. No obstante, estas fuentes de generación intermitentes, hacen compleja su planificación al depender de unos recursos (radiación solar y viento en superficie) difíciles de prever. Esta planificación es clave para el correcto funcionamiento de los sistemas eléctricos, para asegurar que la demanda es satisfecha en tiempo real, que la red no se congestiona y que hay suficientes reservas de generación para estabilizar el flujo eléctrico frente a variaciones que requieren de unas respuestas en cuestión de minutos o incluso segundos. Parte de estas necesidades pueden ser satisfechas con el desarrollo de tecnologías de almacenamiento de energía, como por ejemplo baterías electroquímicas, pero éstas aún presentan costos de inversión y mantenimiento relevantes y limitaciones en el volumen de energía almacenado. En muchos sistemas eléctricos, el rol de satisfacer picos de demanda y de proveer servicios auxiliares se asigna a plantas hidroeléctricas, por su rapidez de respuesta y disponibilidad. No obstante, esta tecnología presenta importantes riesgos: la construcción de nuevos embalses suele enfrentarse a una fuerte oposición social por la ocupación

de tierras que implican y es una tecnología muy vulnerable a los períodos de sequía. Cuando la hidroeléctrica se ve afectada por periodos de escasez de agua, los sistemas eléctricos suelen utilizar reservas de generación fósil para cubrir los picos de demanda y satisfacer la flexibilidad de suministro, con los consecuentes picos en los precios de la electricidad y las altas emisiones. Esto fue lo que ocurrió en Colombia entre 2015-2016, cuando los embalses se encontraron al 30% de su producción y el precio de la energía eléctrica en el mercado de oportunidad superó los US\$250/MWh de media durante el mes de octubre. La solar y la eólica no solo no pueden respaldar por sí solas a la generación hidroeléctrica, sino que su instalación masiva tiene importantes impactos en la gestión de la red y en la necesidad de fuertes inversiones en sistemas de almacenamiento y nuevas interconexiones eléctricas.

En este contexto, los reservorios geotermales son fuentes de energía térmica estable, confiable y continua, que permiten que las plantas de energía geotérmica generen un suministro constante de electricidad. A su vez, esto permite predicciones de producción de energía más precisas para los operadores del sistema y precios de electricidad estables. El suministro geotérmico muestra, en el caso de las plantas binarias, una alta flexibilidad, permitiendo responder con una velocidad de rampa de 15% de la capacidad nominal por minuto⁶ y múltiples veces a lo largo de un mismo día (Matek, 2013). La gran dependencia de ALC del

6 Referido a una turbina ORC (Organic Rankine Cycle). Para comparación, una turbina de ciclo combinado de gas natural (CCGT) tiene unas rampas de 8-11% de la capacidad nominal por minuto (IRENA 2019)



petróleo la expone a precios altos y volátiles, que resultan en impactos económicos periódicos significativos (Yépez-García y Dana, 2012). Así, la geotermia puede ayudar a mitigar estos impactos y reforzar la autonomía energética de los países de la región.

Aunque el costo inicial de la energía geotérmica pueda parecer alto, estas plantas de generación presentan costos de operación y mantenimiento bajos, al no haber gastos de combustible para el funcionamiento de la planta. Además, esta infraestructura es más resistente al impacto de eventos climáticos, como fuertes vientos o períodos de sequía, puede tener importantes beneficios sociales para las comunidades locales. La Figura 3-3 muestra el costo nivelado estimado de la electricidad (LCOE por sus siglas en inglés) generada por geotermia en comparación con otras energías renovables, mostrando que de media la energía geotérmica presenta precios en el entorno de US\$0.07/kWh. Esta generación de energía tiene el potencial de mejorar la asequibilidad, promover el crecimiento económico y reducir la pobreza (ESMAP, 2018). Adicionalmente, los proyectos geotérmicos tienen un impacto directo en las economías de las comunidades locales, creando puestos de trabajo y abriendo oportunidades productivas basadas en el aprovechamiento de los fluidos calientes.

Debido a que la energía geotérmica se puede extraer sin el uso de combustibles fósiles, su huella de carbono es baja y la contaminación general es menor en comparación con la energía de combustibles fósiles. En comparación con los combustibles fósiles, la energía geotérmica produce muchas menos emisiones atmosféricas, y tiene menor consumo de agua y uso de la tierra. Las emisiones de las plantas geotérmicas dependen de la tecnología utilizada en

la generación, con las plantas binarias con emisiones despreciables y la tecnología flash con un 60% menos de emisiones que una planta de gas natural (ver Apéndice B, 1.1). Si se considera el ciclo completo de vida, una planta geotérmica tiene, de media, un 35% menos emisiones de GEI asociadas comparada con una planta solar fotovoltaica. Además, la intensidad de ocupación de tierras de la geotermia por energía producida está entre las más bajas de las tecnologías disponibles de generación, en torno a 0.4-5.3 Ha/MW anual, comparado, por ejemplo, con 1.9-17.6 Ha/MW anual de solar fotovoltaica (ver apéndice B, 1.1).

Según la Guía de la Energía Geotérmica publicada por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid, estas aplicaciones “abren expectativas para que se incremente la producción de una energía [la geotérmica] que enfrenta los retos de futuro con unas características que la convierten en puntera”:

- Rendimientos equiparables a los convencionales;
- Precio asequible con las modernas tecnologías de perforación;
- Energía renovable, independiente de fenómenos atmosféricos o estacionales;
- Energía limpia, la que más protege el medio ambiente; y
- Constituye una energía disponible en una considerable lista de países, lo cual la convierte en una auténtica proyección de futuro” (Llopis Trillo y Angulo, 2021).



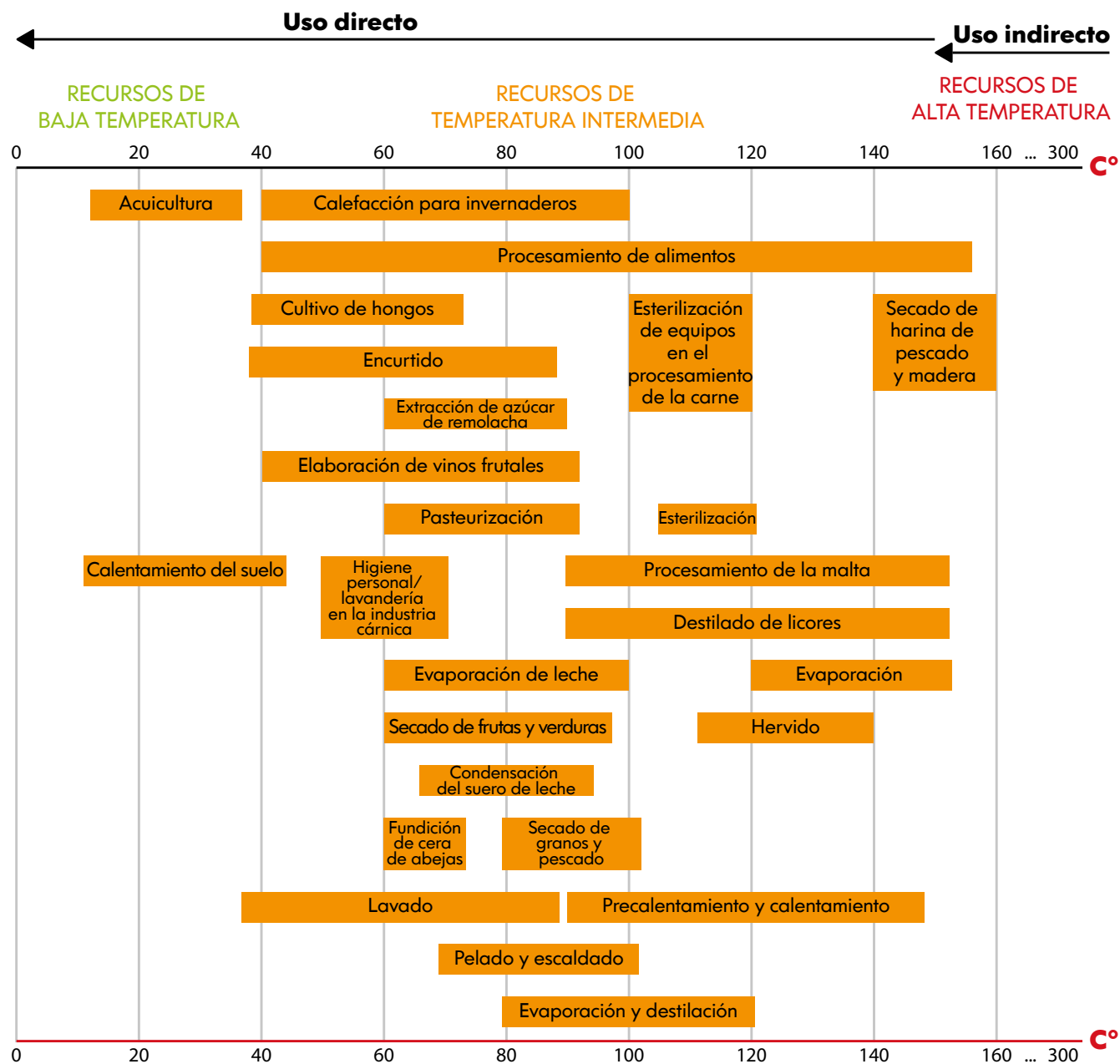
3.3 LA OPORTUNIDAD DE LOS USOS DIRECTOS DEL RECURSO GEOTÉRMICO

Como se ha comentado anteriormente, además de la generación eléctrica, el calor geotérmico también tiene múltiples aplicaciones directas que ofrecen oportunidades económicas a comunidades locales. Algunos de estos usos directos, como la balneología y turismo, calefacción de edificios y la acuicultura y crianza de animales, entre otros, se han implementado con éxito en varios países como en México, Islandia, Austria, Estados Unidos de América, Turquía y Japón. Este tipo de aplicaciones está mostrando cada vez más interés, alcanzándose en 2019 una capacidad geotérmica 107,727 MWt dedicada a estos usos, con un incremento del 52% respecto a 2015 (Lund y Toth, 2020)

La temperatura subterránea requerida para la implementación de usos directos es menor que la necesaria para generación de energía eléctrica. Para centrales eléctricas se requieren temperaturas superiores a los 150°C, sin embargo, los usos directos requieren una temperatura del fluido geotermal menor (<150 °C). Esto implica que los usos directos se pueden desarrollar en muchas más zonas y que se pueden reutilizar los fluidos dirigidos a generación eléctrica para sistemas de uso directo adosados a una planta de generación, en lo que se conoce como esquema en cascada. Un uso muy común es el de calefacción, en el cuál mediante intercambiadores de calor se traslada la energía de los fluidos subterráneos a circuitos cerrados que calientan espacios como hogares, oficinas o invernaderos. La geotermia también se puede utilizar para refrigerar, mediante el uso de bombas de calor que intercambian energía con áreas subterráneas frescas.



Figura 3-4:
Aplicaciones geotérmicas en función de la temperatura disponible



Fuente: Van Nguyen et al., 2015



El uso directo de la energía geotérmica tiene muchos beneficios, entre ellos, una alta eficiencia, rentabilidad, riesgos ambientales insignificantes, poco mantenimiento y longevidad de los sistemas y de la fuente de energía. Por esta

razón, como se observa en la Tabla 3-2, las capacidades instaladas de uso directo de energía geotérmica a nivel global de Geothermal entre 1995 y 2015 se quintuplicaron.

Tabla 3-2:

Usos energéticos geotérmica de uso directo instalada para el período 1995-2020

TIPOS DE USO DIRECTO EN TJ/AÑO	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Bombas de calor geotérmicas	14.617	23.275	87.503	200.149	325.028	599.981
Calefacción de espacios	38.230	42.926	55.256	63.025	88.222	162.979
Calefacción de invernadero	15.742	17.864	20.661	23.264	26.662	35.826
Calefacción de estanques de acuicultura	13.493	11.733	10.976	11.521	11.958	13.573
Secado agrícola	1.124	1.038	2.013	1.635	2.030	3.529
Usos industriales	10.120	10.220	10.868	11.745	10.453	16.390
Balnearios	15.742	79.546	83.018	109.410	119.381	184.070
Refrigeración / Derretimiento de la nieve	1.124	1.063	2.032	2.126	2.600	2.589
Otros	2.249	3.034	1.045	955	1.452	1.950
Total	112.441	190.699	273.372	423.830	587.786	1.020.887

Fuente: (Lund y Toth, 2020)



3.3.1 BALNEOLOGÍA Y TURISMO

Esta aplicación se refiere al empleo de la energía geotérmica para el calentamiento de piscinas y en usos relacionados con la industria balnearia, como spas, resorts y balneoterapia. Estas instalaciones emplean agua geotérmica captada en el subsuelo, la cual intercambia calor con el agua del circuito secundario, que, a su vez, se emplea para llenar piscinas y proporcionar calefacción y agua caliente sanitaria a los recintos de baños.

De acuerdo con la información del Cuarto Congreso y Expo Mundial Geotérmica de Turquía (2019), la energía geotérmica utilizada en este tipo de aplicaciones en el año 2015 ascendía a 184.070 TJ/año en 60 países que contaban con una capacidad conjunta de producción de calor de 12.253 MWt, incluyendo China, Japón, Turquía, Brasil y México (Lund y Toth, 2020)

Estos países atraen cantidades significativas de turistas gracias a las atracciones y actividades turísticas relacionadas con las aguas termales, como por ejemplo, Pamukkale, conocida como “el castillo de algodón de Turquía”, el cual recibe más de dos millones de visitantes al año. En Japón hay más de 3.184 resorts de aguas termales que atraen a 132 millones de visitantes al año (JE, 2020). Por ejemplo, en la ciudad de Beppu, el agua caliente y el vapor cubren muchas necesidades: salud, baño, cocina, explotaciones industriales, investigaciones agrícolas, terapia física, baños de recreo y hasta el funcionamiento de un pequeño parque zoológico (Figura 3-4). Las aguas se promocionan con propiedad medicinales para tratar trastornos del aparato digestivo, nerviosos y de la piel.

Figura 3-5:

Aguas Termales en Kannawa, Beppu, Japón



Fuente: La Vanguardia, 2018. Obtenido en <https://www.lavanguardia.com/ocio/viajes/20180913/451775777576/boppu-japon-aguas-termales.html#galeria-foto-0>



Otro ejemplo está en Erding (Alemania), donde se encuentra uno de los spas de agua caliente más grande del mundo. El agua termal a 65°C se encontró a 2.350 metros de profundidad durante una exploración petrolera en 1983 cerca de esta ciudad alemana, al norte de Munich. Esta agua, que contiene flúor y componentes sulfurosos con propiedades medicinales y utilizable en aplicaciones de balneario, y con la temperatura geotérmica se ha conseguido construir una instalación de inspiración tropical en una región europea con duros inviernos. El agua se utiliza también en un sistema de calefacción distrital, en la primera empresa de calefacción urbana de la cuenca Molasse desde 1999.

3.3.2 CALEFACCIÓN DISTRITAL Y DE EDIFICIOS

En 2015, la capacidad geotérmica instalada a nivel mundial⁷ para calefacción de espacios, como edificios residenciales y comerciales, era de 12,768 MWt (Lund y Toth, 2020). Con esta tecnología se pueden diseñar también sistemas de calefacción distrital, especialmente en aquellas situaciones en las que se pueden conseguir economías de escala y haya necesidad de poca ocupación de espacio. La geotermia como tecnología de calefacción toma mayor relevancia en los sistemas distritales de países con inviernos duros, como Suiza, donde representa un 6% de estos servicios y otros como Islandia, Polonia, Hungría, Turquía, Japón, China, Rumanía y Estados Unidos. Uno de los sistemas de calefacción más famosos se encuentra en Reykjavik, Islandia, el cual abastece de calor a una población de alrededor de 190.000 habitantes, con una capacidad de 830 MWt. Además, la geotermia permite ofrecer estos servicios de calefacción distrital a precios considerablemente competitivos frente al uso de sistemas con combustibles fósiles. En Alemania, los sistemas de calefacción distrital geotérmicos de usos directos alcanzaron precios de US\$30/GJ, comparado a los sistemas de calefacción tradicional a base de gas natural (CHP⁸) que se situaron casi en US\$70/GJ (IRENA, 2020b).

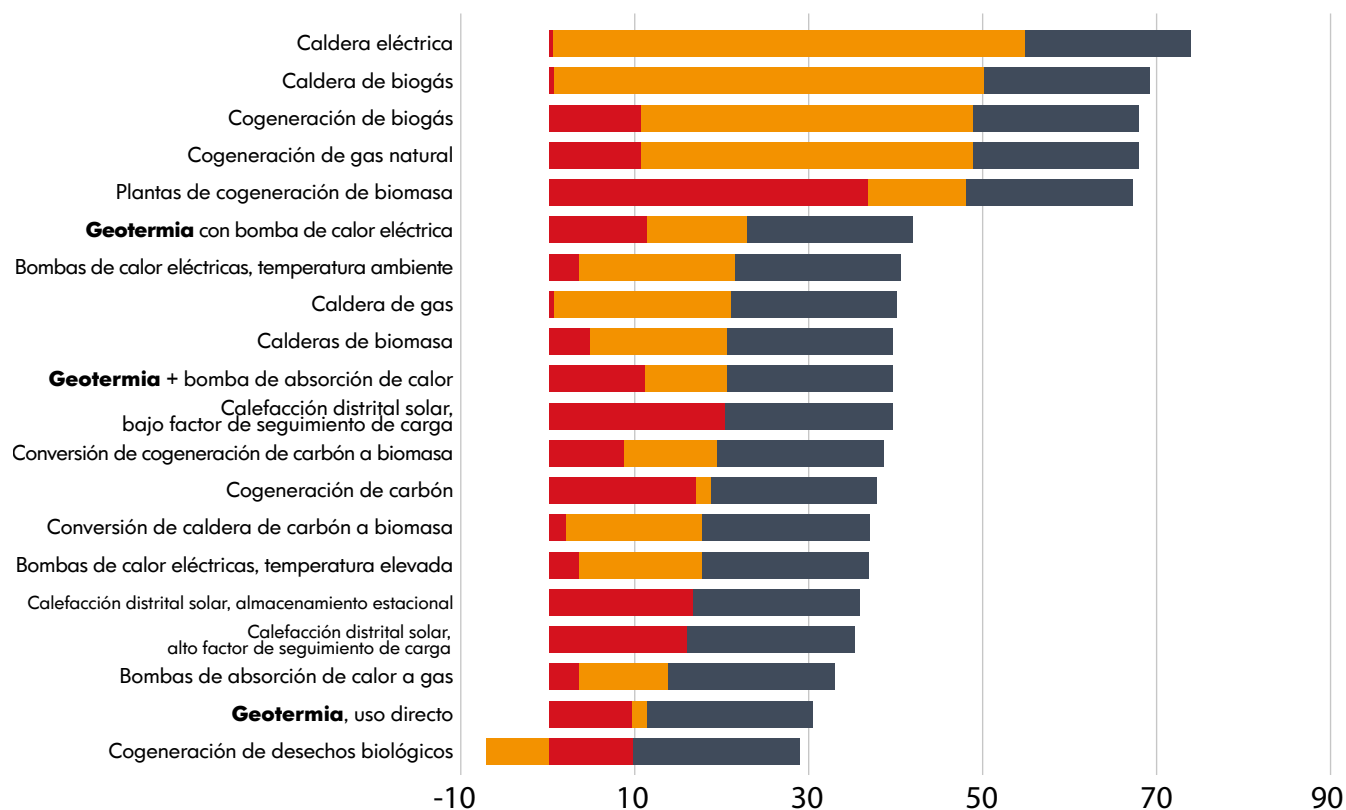
7 Capacidad total para 17 países
8 por sus siglas en inglés (combined heat power)



Figura 3-6:

Comparación de los costos nivelados de sistemas de calefacción distrital en Alemania (IRENA, 2020b)

TECNOLOGÍAS DE CALEFACCIÓN DISTRITAL ALEMANIA



Los sistemas de calefacción geotérmica claves en la calidad de vida de Islandia.

En 1969, se construyó en Islandia la planta de Bjarnarflag de 3 MW (ahora mejorada a 5 MW). Esta fue la primera planta de energía geotérmica del país en los alrededores del lago Mývatn. En la actualidad, Landsvirkjun⁹ opera la planta y produce vapor para calefacción urbana, electricidad y agua para el spa geotérmico en el lago Mývatn (Jorquera, 2020). Cerca de allí, se encuentra la planta de energía geotérmica Krafla que entró en funcionamiento en 1977 con una capacidad instalada de 30 MW, con una ampliación de 30 MW en 1997. Hay otras cinco plantas geotérmicas repartidas a lo largo del país (Jorquera, 2020). Hoy en día en Islandia, 9 de cada 10 hogares se calientan con energía geotérmica, siendo el porcentaje más alto por habitante del mundo (Jorquera, 2020). Las casas restantes se calientan a base de energía renovable generada por energía hidroeléctrica y geotérmica. Jorquera (2020) afirma que *"La energía geotérmica ha contribuido a sacar a Islandia de la humedad y la oscuridad de la pobreza a un lugar que con frecuencia se considera uno de los principales países del mundo en términos de calidad de vida. Islandia sigue siendo un pionero tecnológico y líder mundial en el movimiento de energía geotérmica y, a menudo, es considerado un embajador de los beneficios de esta energía renovable"*. En estos momentos, el 90% de las viviendas de Islandia son climatizadas mediante sistemas geotérmicos.

9 Compañía Nacional de Islandia. <https://www.landsvirkjun.com/>



3.3.3 ACTIVIDADES AGROINDUSTRIALES

En el año 2020, la capacidad instalada y la energía utilizada para las aplicaciones de calefacción de invernaderos alcanzó un total de 2,459 MWt de capacidad a nivel mundial y 35,826 TJ/año, lo que supone incrementos del 75% y del 74% respecto a 2005 (IDAE, 2011). Esta capacidad instalada provee energía a aproximadamente 1.163 hectáreas de invernaderos (unos 20 TJ/año por hectárea). Entre los 37 países que emplean energía geotérmica para este fin, Turquía, Hungría, Rusia, China e Italia encabezan la lista con el mayor número de sistemas. Los cultivos más frecuentes en estas instalaciones son verduras y flores. Además, la Organización

de las Naciones Unidas para la Comida y la Agricultura (FAO) viene recomendando desde 2015 el uso de la geotermia para el procesamiento de alimentos, reconociendo las oportunidades que esta fuente energética puede dar en secado y deshidratación de alimentos, en esterilización (pasterización de leche, eliminación de hongos), o acuicultura entre otros. Con estas actividades no solo se facilita el suministro de alimentos en épocas de malas cosechas y se evitan plagas y enfermedades, sino que además se reducen los costos asociados a gastos por combustible en invernaderos en hasta un 80%. (Van Nguyen et al, 2015).

Cultivo de Flores

Flores en Utah: los invernaderos de Milgro

En el sur de Utah, en la ciudad de Newcastle, la empresa Milgro cultiva flores en un invernadero de 24 hectáreas, el cual se calienta a base de geotermia (Figura 3-5). El área de Newcastle ha sido reconocida durante mucho tiempo como una zona rica en recursos geotérmicos. Antes del desarrollo inicial de la instalación de Milgro, esta zona contaba con otros tres invernaderos de calefacción geotérmica en las inmediaciones. Actualmente existen numerosos pozos en el área que producen agua en el rango de 88°C a 96°C. Todos los pozos penetran en los sedimentos del Valle Escalante que consisten en secuencias alternas de arcilla, limo, arena y grava. Es interesante destacar, que, aunque no se conocen datos exactos de los costes operativos del invernadero de Milgro, se estima que el mantenimiento en general cuesta aproximadamente unos US\$16,000 al mes, al que habría que añadir un consumo de electricidad de alrededor de 1,500,000 kWh por año para alimentar las bombas de fluido, lo cual en Utah significa un coste de aproximadamente 67,500 al año (Oregon Institute of Technology, 2003).



Figura 3-7:

Invernadero de tomates en islandia con temperatura regulada por energía geotérmica



En una buena parte de los cultivos, los resultados obtenidos en invernaderos donde se utiliza el calor geotérmico son muy positivos y las ventajas que aporta el sistema de invernaderos son numerosas al permitirse la producción de especies no autóctonas de la zona por su clima, elección de la época de siembra siguiendo la demanda del mercado, aumento del número de cosechas y abundancia de las mismas y mejora de la protección contra enfermedades y parásitos. (Llopis Trillo y Angulo, 2021).

Otro ejemplo del uso de la energía geotérmica en el desarrollo de cultivos de flores es el caso de la empresa Oserian Flowers en Olkaria, Kenia. Gracias a la instalación de una planta de

2MW, la empresa ha sido capaz de reducir el costo de la energía consumida en sus invernaderos (de 0.23 KSH a 0.07 KSH/kWh). Además, el calor geotérmico es aprovechado para la regulación térmica de los invernaderos durante la noche y para esterilizar el agua de riego. Una novedad que aportó el proyecto es aprovechar emisiones de dióxido de carbono de la planta de generación que, aunque son muy reducidas, permiten conseguir procesos de fotosíntesis más eficientes en sus plantaciones de rosas. Así, esta empresa ha conseguido aumentar su producción en un 10% y actualmente exporta 400 millones de rosas por año a Europa y los Estados Unidos (ThinkGeoEnergy 2012).



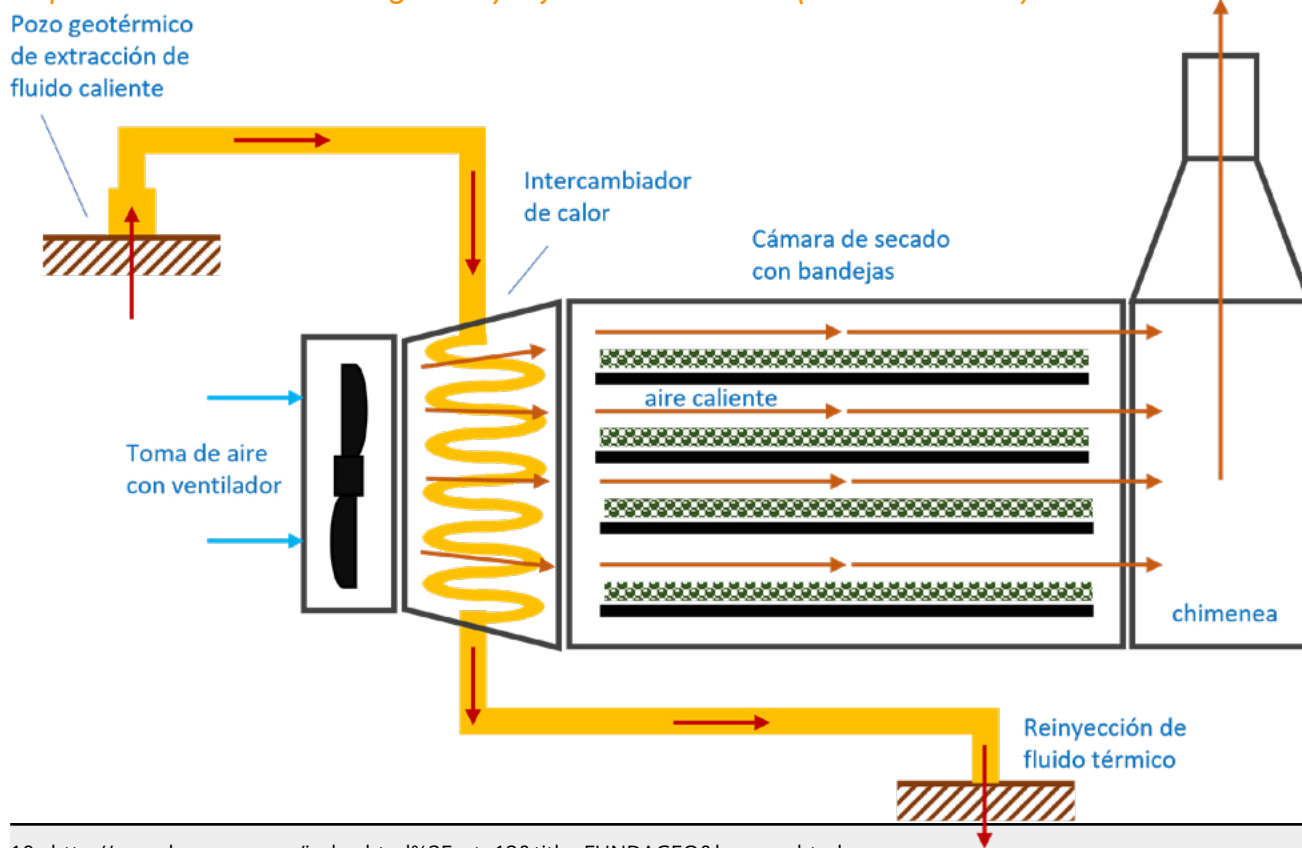
Secado y deshidratación de alimentos

El calor geotérmico también puede ser utilizado en procesos de secado de grano y para el procesamiento de alimento. En 2020 había 257MWt geotérmicos instalados a nivel mundial para secado de productos agrícolas, utilizando 3,529 TJ anuales, destacando las instalaciones en China, Francia, Hungría, Estados Unidos y Japón. En el proceso de secado de grano, por ejemplo, los combustibles fósiles son actualmente la principal fuente de energía en su proceso, con una huella de carbono que está alrededor de los 42 kg CO₂ por tonelada de producto procesado. Al utilizar energía geotérmica, esta se puede reducir en un 95% (Jorquera, 2020). Estas ins-

talaciones son relativamente sencillas, llevando el fluido geotérmico a través de un intercambiador de calor por donde crea una corriente de aire caliente que es después utilizada en una cámara de secado. En un proyecto desarrollado en Kamojang, Indonesia, para secado de grano de café, se utilizaron fuentes geotérmicas de 160C, consiguiendo temperaturas en el flujo de aire de en torno a los 40C (Sumotarto 2007). Esta misma aplicación está siendo explorada también en El Salvador a través de la fundación Fundageo¹⁰ y podría ser de mucho interés en la región Centroamericana.

Figura 3-8:

Esquema de un secador de granos y frijoles en Indonesia (Sumotarto 2007)



¹⁰ <http://www.lageo.com.sv/index.html%3Fcat=12&title=FUNDAGEO&lang=es.html>



En Menengai, Kenia, el proyecto geotérmico desarrollado por la Geothermal Development Company (GDC), ha piloteado cuatro actividades de usos directos de la geotermia: secado de grano de maíz, instalaciones de pasteurización de leche, acuicultura, un invernadero, e incluso un centro de lavandería. El proyecto ha demostrado la factibilidad del reemplazo de combustible fósil por energía geotérmica en el secado de uno de los principales productos alimenticios del país, el maíz, procesando más de 20 toneladas de grano al día.

El primer sistema de deshidratación industrial a base de geotermia de Latinoamérica se puso en marcha en 2020 adosada en un esquema de cascada a la planta de 25MW de Domo San Pedro, en Nayarit (México), aprovechando el calor remanente tras la generación eléctrica. El centro de deshidratación fue desarrollado por el Grupo iiDEA del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El deshidratador de alimentos utiliza energía geotérmica de baja entalpía, que deshidrata alimentos 24/7, está compuesto por tres módulos que ocupan 2,000 m² donde se pueden procesar 3,000 kg diarios de pulpa de mango, piña, tomate y yaca, aunque puede procesar otro tipo de alimentos, mitigando el impacto ambiental de un deshidratador convencional y a un bajo costo. Este proyecto es pionero en aprovechamiento geotérmico en América Latina da más de 50 empleos de manera directa. Su éxito no se limita al desarrollo de tecnología 100% mexicana, sino a que se trata de un proyecto multidimensional. No solo se diseñó el deshidratador, se realizaron análisis de mercado, alimenticios, sociológicos, entre otros, con el fin de que el proyecto fuera sustentable más allá del aprovechamiento geotérmico. Este proyecto se ha vuelto un ícono de la región con la que se ha compartido la metodología aplicada. (Aviña et al, 2015)



Figura 3-9:

*Centro de deshidratación de fruta
en la planta geotérmica de Domo San Pedro, Nayarit, México*



Fuente: desarrollador entrevistado

Plantas de ENAL, México: geotermia para secado de alfalfa para ganaderos locales

Los usos directos o aplicaciones de la energía geotérmica pueden ser más que oportunidades exclusivamente económicas. Por ejemplo, el proyecto geotérmico del Grupo ENAL en México, el cual se encuentra en una etapa muy temprana, adquiriendo permisos exploratorios, quiere aprovechar los usos directos de la geotermia como apoyo e inversión social para la comunidad. El proyecto estará ubicado en una zona ganadera donde se consume alfalfa para el ganado. Para alimentar al ganado, la alfalfa se corta y seca al sol una o dos semanas. El proyecto quiere proponer a los ganaderos locales secadores geotérmicos para acelerar el proceso. Por el momento, se ha realizado un estudio técnico y se han llevado a cabo reuniones con las partes interesadas para preguntarles sobre los precios de la alfalfa y los detalles del proceso. Asimismo, Grupo ENAL tiene en mente otros proyectos en otras áreas de México, como secado de mango y de flor de Jamaica (la cual se utiliza para hacer una bebida) o secado de camarón (en la costa Pacífica).

Fuente: entrevista del autor con ENAL, 2020



3.3.4 ACUICULTURA Y CRIANZA DE ANIMALES

La acuicultura es la cría de peces y otros animales acuáticos en un entorno controlado. Una interesante aplicación del calor geotérmico es la de climatizar las aguas de piscifactorías, tanto de carácter fluvial o lacustre como marina, para algunas especies concretas. Especies como carpas, barbos, róbalo, salmonetes, angulas, salmones, esturiones, camarones, langostas, cangrejos, ostras, mejillones o almejas, son algunas de las principales especies que responden perfectamente a una crianza en ambientes de temperatura constante (Llopis Trillo y Angulo, 2021). La capacidad instalada en 2020 para este tipo de aplicaciones a nivel global es de 950 MWt y utilizan 13,573 TJ/año (Lund y Toth, 2020). Veintidós países emplean esta tecnología, entre los que destacan China, Estados Unidos, Italia, Islandia e Israel. Tomando como referencia una cifra estimada para Estados Unidos de 0,242 TJ/año por tonelada de pescado, la producción asociada al consumo de energía geotérmica en 2010 habría ascendido a unas 47.600 t de este producto (IDAE, 2011).

De las curvas que relacionan el crecimiento de especies animales con la temperatura, se deduce que la crianza de especies acuáticas es mucho más delicada que la de animales terrestres de granja, y también mucho más sensible a varia-

ciones de temperatura. Una pequeña variación de temperatura entre los diversos tanques de crianza de alevines y las subsecuentes de crecimiento en etapas, mejora la propagación de la especie y los aumentos de tamaño de las piezas. El mantenimiento de la temperatura a lo largo de las estaciones implica mejoras de rendimiento en peso de hasta el 35% en peces y crustáceos (Llopis Trillo y Angulo, 2021). El uso de agua geotérmica en la acuicultura ayuda a mantener la temperatura del agua constante, lo que aumenta las tasas de supervivencia y hace que las criaturas crezcan más rápido. Esta aplicación también se utiliza en otro tipo de granjas en medio acuático, por ejemplo, para la crianza de caimanes en Mosca, Colorado, EE.UU., a 2.500 m de altitud, donde, en condiciones normales, no podrían sobrevivir. Se trata de una operación comercial que vende caimanes vivos, carne y pieles como subproducto de la producción de peces.

La geotermia también puede ser utilizada para instalaciones de protección de ganado durante periodos de heladas, algo especialmente interesante en las regiones como los Andes latinoamericanos. Mediante instalaciones de bombas de calor se puede regular la temperatura de refugios para ganado.



3.3.5 APLICACIONES INDUSTRIALES: MINERÍA Y QUÍMICA

Las aplicaciones industriales que pueden aprovechar el calor geotérmico son innumerables para aquellas que precisen de un tratamiento de calor o vapor de agua en su elaboración. Atendiendo a su temperatura, las aguas geotérmicas son también adecuadas para procesos como el manipulado de la pasta de celulosa en la industria del papel, o los aportes de calor necesarios en la industria del secado y envasado de ciertos alimentos, o bien, a temperaturas más elevadas, en el propio proceso de los alimentos en la industria conservera. También puede proveer agua caliente para máquinas de lavado, estaciones de lavado de vehículos, o refrigeración por absorción a diversas temperaturas. (Llopis Trillo y Angulo, 2021).

Una aplicación reciente de los yacimientos geotérmicos y, por lo tanto, no muy conocida, es la obtención de productos en la industria química. Las aguas de origen geotérmico llevan en disolución gran diversidad de sustancias, algunas de las cuales pueden proporcionar beneficios industriales en plantas adecuadas para su extracción. Es bastante frecuente encontrar en disolución gases como metano o hidrógeno, con buenas posibilidades de separación, así como compuestos corrosivos, cuyo beneficio industrial al ser recuperados no es demasiado alto; pero, si se añade el beneficio de un menor coste de instalaciones de bombeo y conducción, el separarlo puede incorporar al proceso unos interesantes puntos de rentabilidad añadida. (Llopis Trillo y Angulo, 2021).

Asimismo, se puede aplicar la energía geotérmica a la explotación de minerales industriales y recuperación de metales. En Islandia se explota tierra de diatomitas desde el fondo de lago

Mytattn mediante dragado por succión, y se bombea por una tubería de 3 km de longitud hasta la planta de secado que utiliza vapor a 183 °C, produciendo anualmente 25.000 t de tierra de diatomitas para filtros (Llopis Trillo y Angulo, 2021). Otra aplicación que pudiera tener aplicabilidad interesante en ALC es la extracción de litio por filtración y precipitación en fluidos geotérmicos. En estos momentos la mayor parte del litio mundial se obtiene de roca (Australia) o de acuíferos situados en áreas de antiguos lagos ya secos, como por ejemplo en Chile o Argentina. El primer caso tiene asociados grandes cantidades de emisiones de CO₂ (unas 15,000kg/tonLi) y el segundo de un importante impacto de uso de agua y superficie (unos 469m³ y 3,124m² por tonLi). La extracción de litio de salmuera de aguas geotermales, en cambio, tiene un uso de agua, tierra y emisiones despreciables frente a esas cantidades (sin emisiones, 3m³ agua-tonLi, 1m²/tonLi) (Early, 2020). La salmuera, que llega caliente, puede ser filtrada mediante nanofiltración o mediante resinas de intercambio de iones, permitiendo reinyectar el agua de nuevo en el acuífero. Este método está despertando gran interés en áreas como California (Salton Sea) y Alemania (Vulcan Energy Resources in the SaltRegion). En 2021 la compañía francesa Eramet extrajo exitosamente litio de salmuera geotérmica en Alsacia, siguiendo las investigaciones también relacionadas con el proyecto Litio Centenario que se planteó para los salares de Argentina. Además, estos proyectos de minería en áreas geotérmicas pueden utilizar esta energía en otra gran variedad de maneras, como generación local de electricidad, calefacción de oficinas, o el uso de agua caliente en procesos de extracción (Patsa, et al. 2015).



3.4 EMPLEO E INTERESES LOCALES

La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés), estima que existen 99.000 puestos de trabajo directos e indirectos relacionados con la energía geotérmica a nivel mundial (IRENA, 2020c), lo que implicaría unos 7.1 puestos por MW instalado (considerando 1.27GW instalados mundialmente). La Asociación de Energía Geotérmica (GEA, por sus siglas en inglés) estimó que a nivel de empresa operadora, un proyecto geotérmico de 50MW produciría entre 35 y 60 empleos permanentes durante un periodo de 30 a 50 años. Durante la construcción, se crearían aproximadamente 155 puestos de trabajo por año (Matek, 2015).

Desde un punto de vista de género, aunque las mujeres representan solo el 25% de los empleos en el sector energético y minero en general (WEF, 2017), su representación en energías renovables es mayor. Una encuesta de realizada por IRENA en 2018 muestra que las mujeres representan un promedio del 32% de los trabajos de energía renovable (IRENA, 2019b), lo que sugiere que los sectores sostenibles, tales como la geotermia, pueden atraer a más mujeres. En el caso de la geotermia, la organización no gubernamental Mujeres en Geotermia (WING por sus siglas en inglés) lidera la promoción de creación de capacidades en la tecnología geotérmica, teniendo una presencia destacada en países como El Salvador, donde realizó el WINGMEN Task Force en 2019.

Geoplatanares, Honduras: dando oportunidades a la comunidad local desde una planta de generación geotérmica

Para GeoPlatanares en Honduras, como en otros lugares de América Latina y el Caribe, la seguridad es un tema central. Para ello, Ormat quiso crear fuentes de trabajo para los miembros de las comunidades del área de influencia del proyecto. Esta es la única planta de Ormat que tiene plazas fijas para los guardias de seguridad, quienes son de la comunidad. La planta tiene unos 49 puestos fijos, de los cuales 20 son personal proveniente del área de influencia del proyecto. Uno de los objetivos del proyecto es que *"el derrame económico se vea en la comunidad"* y el proyecto ha construido carreteras y escuelas, empleado contratistas locales y apoyado un programa de emprendimiento de turismo para estimular un desarrollo integral de las comunidades. Cuando las partes interesadas sienten que pueden involucrarse en el proyecto, que pueden aprovechar los beneficios que éste ofrezca y, a su vez, ven cambios positivos en sus comunidades, no solo se convierten en aliados del proyecto, sino que además les interesa defender el proyecto.

Fuente: entrevista del autor con Geoplatanares, 2020



4

IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES DE PROYECTOS DE ENERGÍA GEOTÉRMICA Y SU MITIGACIÓN

4.

IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES DE PROYECTOS DE ENERGÍA GEOTÉRMICA Y SU MITIGACIÓN

4.1 CONTEXTO AMBIENTAL Y SOCIAL DE LAS ÁREAS GEOTÉRMICAS

Los yacimientos geotérmicos que son adecuados para la generación de electricidad se encuentran típicamente cerca de volcanes, fumarolas y géiseres, a menudo en áreas remotas, lo que suele tener varias implicaciones para el desarrollo geotérmico por cuestiones medioambientales, sociales o de acceso. Por ejemplo, estas áreas pueden estar no desarrolladas y contener ecosistemas y biodiversidad sensibles y áreas naturales protegidas u otros tipos de hábitats naturales críticos. El acceso a estas áreas puede ser limitado, no solo debido a la sensibilidad ambiental y ecológica y los esfuerzos de conservación biológica, sino también debido a la poca infraestructura existente.

Las áreas remotas también pueden ser socialmente sensibles por temas agrarios, de usos de aguas, por tradiciones culturales o por restos arqueológicos. Las comunidades locales también pueden realizar agricultura y otras actividades pecuarias que utilicen aguas termales para riego y calor, entre otros usos utilizar los recursos del área, incluyendo el uso directo de las características geotérmicas para uso doméstico. Estas zonas también pueden tener valor cultural o religioso para las comunidades locales: para muchas comunidades indígenas de todo el mundo, los recursos geotérmicos quedan asociados a sitios sagrados. Además, muchas civilizaciones a través de la historia han



habitado áreas geotermales por sus fértiles suelos volcánicos, calor natural, disponibilidad de agua, buenas condiciones climáticas y otros beneficio. Debido a esto, las áreas geotermales pueden tener sitios de interés arqueológicos. Esto es especialmente cierto cerca de los volcanes, donde muchas comunidades han sido destruidas a lo largo de la historia debido a la actividad volcánica. Por ejemplo, se han descubierto aproximadamente 50,000 sitios arqueológicos en México, muchos de los cuales se han ubicado cerca de áreas volcánicas.

Hay que tener en cuenta que aun cuando la planta de energía puede no estar ubicada en un área ambiental o social sensible, las instalaciones asociadas como líneas de transmisión y caminos de acceso pueden afectar áreas sensibles y deberán ser considerados en el diseño del proyecto. Además, puede haber impactos acumulativos ambientales y sociales con proyectos existentes o planificados en el área de intervención geotérmica.

Fases de un proyecto geotérmico

El desarrollo de proyectos de energía geotérmica consta de tres etapas principales: exploración y evaluación de reservas, desarrollo del campo de producción y construcción de la planta eléctrica (IFC, 2007). El desarrollo de una planta geotérmica toma aproximadamente siete años en promedio, sin embargo, esto depende del marco institucional y regulatorio del país, las condiciones geológicas, la ubicación y el financiamiento del proyecto. Las siguientes son las ocho fases principales del desarrollo geotérmico desde la exploración del recurso geotérmico hasta la puesta en operación de la central eléctrica (ESMAP, 2012):

1 Evaluación Preliminar

Se revisan los estudios geotérmicos existentes y / o la literatura disponible y se selecciona un campo geotermal o se otorga la concesión, donde luego se realizan estudios de prefactibilidad para estimar el potencial del yacimiento geotermal. Se analizan los sistemas de transmisión y distribución existentes, infraestructura básica y cuestiones ambientales y sociales, que incluye una revisión del marco institucional y regulatorio del país para obtener los permisos ambientales necesarios, especialmente para los derechos de agua, así como la realización de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).



2 Caracterización del Recurso

Se investigan los aspectos geoquímicos y geofísicos del área y se caracteriza la temperatura, tamaño, potencial y tasa de recarga del reservorio. Los métodos de investigación aplicados dependen de los datos existentes disponibles, la accesibilidad al reservorio y la disponibilidad de recursos. Los métodos de investigación pueden incluir el muestreo de aguas termales, rocas, sedimentos y lava, mediciones electromagnéticas transitorias (TEM) y magneto telúricas (MT), pozos de prueba de gradiente de temperatura de generalmente <500 metros de profundidad, investigación sísmica y otros métodos utilizados para comprender el yacimiento geotérmico y los posibles riesgos ambientales, sociales y económicos involucrados. Este paso permite al desarrollador del proyecto obtener la información socio-ambiental y técnico-económica para realizar un Análisis de Alternativas para determinar si el proyecto continuará o si será abandonado.



3 Perforación de Exploración

Los pozos se perforan con el fin de verificar la existencia, ubicación y potencial del yacimiento geotérmico. Por lo general, se perforan de 3 a 5 pozos de tamaño completo que tienen un diámetro entre 8.5 y 12.25 pulgadas (Kruszewski et al., 2017) con profundidades de 2,5 a 3 km. Para reducir costos, también se pueden perforar pozos de exploración estrechos que tienen un diámetro de menos de 6 pulgadas y alcanzan profundidades de hasta 1,5 km. Durante este paso se toman medidas de mitigación social y ambiental con el fin de manejar los impactos potenciales como polvo, tráfico, interferencias de uso de la tierra, contaminación del hábitat y restauración del sitio. El costo de exploración oscila entre 5 a 20% del costo del proyecto (aunque puede llegar a suponer hasta más del 35%). El costo estimado de un pozo estrecho oscila entre USD0,5 - 1,5 millones mientras el costo estimado de un pozo de tamaño completo oscila entre USD2 y 6 millones (Kruszewski et al., 2017).



4 Revisión y Planificación del Proyecto

Luego se diseña el proyecto, que incluye la realización de un estudio de factibilidad compuesto por los resultados de perforación, cálculos financieros, ingeniería de componentes y programa de perforación. El diseño del proyecto también debe evaluar y mitigar los impactos ambientales y sociales y sus aspectos técnicos y regulatorios, con el fin de cumplir con requisitos de licencias ambientales nacionales y, si corresponde, los estándares internacionales y las mejores prácticas requeridos por los prestamistas del proyecto.





5 Perforación de Pozos de Producción y Reinyección

El número de pozos perforados depende de la capacidad de la central eléctrica. En promedio, se espera que cada pozo proporcione suficiente vapor o fluido para que una central eléctrica genere entre 4 y 5 MW de electricidad; sin embargo, de 2 a 3 MW por pozo se considera satisfactorio. Los pozos de exploración de tamaño completo con capacidad de producción se pueden utilizar como pozos de producción para reducir el costo de perforación de nuevos pozos. Además, los pozos estrechos de exploración adecuados también se pueden ampliar para usarse como pozos de producción. La perforación de un solo pozo de producción, que normalmente tiene una profundidad de alrededor de 2km, demora aproximadamente dos meses. Por lo general, se utilizan varios equipos de perforación para perforar varios pozos simultáneamente. Por ejemplo, una central eléctrica con una capacidad instalada de 50 MW puede requerir 20 pozos (13 de producción y 7 de reinyección). Las fases de evaluación, exploración y perforación comúnmente representan más del 50% del costo total del Proyecto.



6 Construcción

La construcción de la central incluye la instalación de los componentes de la central y la línea de transmisión y subestación que la conecta a la red eléctrica.



7 Puesta en Marcha

Durante el arranque, la central eléctrica debe cumplir con las condiciones de rendimiento contractuales. Las afinaciones de la planta y sus componentes durante esta fase pueden tardar varios meses antes de ser puestas en operación.



8 Operación y Mantenimiento

Durante la operación, la planta de energía y los pozos son mantenidos para mantener su capacidad de generación.



4.2 IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES TÍPICOS DE PLANTAS GEOTÉRMICAS

Los impactos sociales y ambientales de un proyecto geotérmico son distintos para cada una de las etapas de proyecto: exploración, construcción, operación y abandono. Estos impactos se pueden englobar en catorce áreas de impacto: calidad del aire, ruido, suelo, recursos hídricos, biodiversidad terrestre, biodiversidad acuática, áreas protegidas, salud y seguridad, tráfico y el transporte, turismo, paisaje visual y patrimonio cultural.

La Tabla 4-1 resume los impactos socio ambientales potenciales típicos de proyectos geotérmicos, los cuales se desarrollan en más detalle en el Apéndice B y para los cuales en la sección 4.4 se encuentra una descripción de las medidas de mitigación típicas para cada uno de los principales impactos.

Tabla 4-1

Impactos Ambientales y Sociales Potenciales a ser considerados

RECURSO AFECTADO /FASE	IMPACTO NEGATIVO POTENCIAL			
	FACTIBILIDAD-EXPLORACIÓN	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	CIERRE
Calidad del aire	Emisión de H ₂ S y CO ₂ , y otros gases y PM, durante las pruebas de pozos	Gases contaminantes resultantes de la combustión de hidrocarburos en motores de vehículos y equipos en la obra. Emisión de H ₂ S y CO ₂ , y otros gases y PM	Emisión de H ₂ S y CO ₂ , y otros gases, durante el funcionamiento (Plantas Flash: 180g/kWh, Plantas Binarias: despreciable). El H ₂ S tiene un olor fuerte y es un peligro para la salud en una concentración moderada (más de 150 µg/m ₃ limite a 24-horas)	Gases contaminantes resultantes de la combustión de hidrocarburos en motores de vehículos y equipos en la obra
Ruido	Rudio perforación de pozos, pruebas de pozos (entre 80 y 115 decibeles)	Maquinaria y camiones durante la construcción de la planta	Despreciable	Maquinaria y camiones durante el cierre



IMPACTO NEGATIVO POTENCIAL				
RECURSO AFECTADO /FASE	FACTIBILIDAD-EXPLORACIÓN	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	CIERRE
Efluentes Residuos	Durante las fases de exploración y construcción, la perforación de pozos produce lodos, fluidos y cortes que pueden tener un alto contenido de minerales disueltos y metales pesados que se lixivian del subsuelo. Los lodos se dejan precipitar en reposo y la parte líquida es reinyectada	Durante las fases de exploración y construcción, la perforación de pozos produce lodos, fluidos y cortes que pueden tener un alto contenido de minerales disueltos y metales pesados que se lixivian del subsuelo. Los lodos se dejan precipitar en reposo y la parte líquida es reinyectada. También se pueden producir derrames de combustibles de la maquinaria utilizada	Durante la operación, las plantas geotérmicas no generan cantidades significativas de residuos	No Significativo
Suelos	Se despeja el terreno para la perforación de una pequeña cantidad de pozos y para los caminos de acceso (8.1-28.3 x1000m ²)	Se aumenta el despeje de terreno para la perforación de pozos, carreteras y alojamiento de trabajadores adicionales. (206.4-1416.4 x1000m ²) Riesgos de erosión tras el desbroce, cambio de uso de suelo, etc	La huella disminuye al retirarse las obras de construcción. La planta ocupa entre 0.4-3.2H/MW	Despreciable
Recursos hídricos	Agua superficial para refrigerar el proceso de perforación de los pozos	Agua superficial para preparación de cemento en la construcción de revestimientos de pozos y centrales eléctricas. (construcción: 0.001 Gal/kWh)	Agua para consumo de los trabajadores. Agua profunda (>600m) geotérmica para el funcionamiento. Se reinyecta en el acuífero. En el caso de tecnología binaria, no entra en contacto con la planta. (operación: 0.08-0.72 Gal/kWh). Agua para procesos de refrigeración de fluidos geotérmicos	Aguas residuales de las obras



IMPACTO NEGATIVO POTENCIAL				
RECURSO AFECTADO /FASE	FACTIBILIDAD-EXPLORACIÓN	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	CIERRE
Biodiversidad terrestre	En flora por actividades de desbroce	<p>En flora por actividades de desbroce, y en fauna por construcción de tuberías que dificulten el paso en corredores naturales.</p> <p>Atracción de aves y otra fauna a zonas con iluminación artificial.</p> <p>Impacto por movimiento de obra y trabajos.</p> <p>Riesgo de atropello</p>	<p>En flora por actividades de desbroce, y en fauna por construcción de tuberías que dificulten el paso.</p> <p>Atracción de aves y otra fauna a zonas con iluminación artificial</p>	Impacto por movimiento de obra y trabajos. Riesgo de atropello
Biodiversidad acuática	Despreciable	Se puede ver afectada por depósitos de lodos de las obras o causadas por el desbroce, afectando a la fauna, plancton y zooplancton	Se puede ver afectado por toma de agua de superficie	Despreciable
Microsismos	Despreciable	En general, la sismicidad inducida por las labores de construcción y operación de proyectos geotérmicos sucede en escalas pequeñas (microsismos), con magnitudes menores de 3.0 en la escala Richter	Despreciable	Despreciable
Salud, seguridad y protección de la comunidad, género y poblaciones indígenas	El uso de agua superficial podría afectar a las comunidades, o el ruido podría ser un problema	<p>La adquisición de tierras para el desarrollo geotérmico (incluyendo para la red de electricidad) puede afectar los medios de vida y los servicios de los ecosistemas de las comunidades locales, así como espacios de importancia para las comunidades indígenas.</p> <p>El uso de agua superficial podría afectar a las comunidades, o el ruido podría ser un problema.</p> <p>Las obras pueden causar desplazamiento físico o económico involuntario.</p> <p>Impacto de la migración de mano de obra al área de la planta, con impacto especial en género.</p> <p>Las fugas y explosiones accidentales de gas, aunque como se mencionó anteriormente ocurren en casos extremadamente raros</p>	Despreciable	Despreciable



IMPACTO NEGATIVO POTENCIAL				
RECURSO AFECTADO /FASE	FACTIBILIDAD-EXPLORACIÓN	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	CIERRE
Salud y seguridad ocupacional	Despreciable	Exposición a ruido, emisiones de H ₂ S, emisiones de partículas, accidentes de obra, etc. Expectativas laborales insatisfechas, articularmente por las comunidades locales.	Exposición a ruido, emisiones de H ₂ S, emisiones de partículas, accidente etc.	Exposición a ruido, emisiones de H ₂ S, emisiones de partículas, accidentes de obra, etc.
Seguridad del tráfico y el transporte	Despreciable	El tráfico pesado de camiones debido a la construcción del proyecto geotérmico puede resultar en desgaste y deterioro de las carreteras.	Despreciable	El tráfico pesado de camiones debido a la construcción del proyecto geotérmico puede resultar en desgaste y deterioro de las carreteras.
Turismo	Despreciable	Aumento de personas atraídas por la planta beneficia no solo a las empresas de turismo, como hoteles, pero también a los restaurantes y proveedores locales.	Aumento de personas atraídas por la planta beneficia no solo a las empresas de turismo, como hoteles, pero también a los restaurantes y proveedores locales.	Despreciable
Patrimonio cultural	Despreciable	El desarrollo geotérmico puede afectar áreas o características de importancia cultural, así como a restos arqueológicos, por lo que será necesaria una correcta evaluación.	En áreas de gran valor paisajístico, la construcción de una planta puede reducir este valor, con posibles consecuencias turísticas.	Despreciable

Fuente: Elaboración propia del autor, 2020



4.3 IMPACTO DE LAS INSTALACIONES ASOCIADAS A PLANTAS GEOTÉRMICAS

Las instalaciones asociadas a plantas geotérmicas serán evaluadas en los estudios de impacto ambiental y social de los mismos proyectos geotérmicos. Estas instalaciones se definen como: obras o infraestructuras nuevas o adicionales, independientemente de la fuente de financiamiento, consideradas esenciales para que un proyecto pueda funcionar, tales como caminos de acceso, líneas ferroviarias, líneas eléctricas o ductos, tanto nuevos como adicionales, que deban construirse para el proyecto; campamentos de obra o alojamientos permanentes, tanto nuevos como adicionales, que se requieran para alojar a los trabajadores del proyecto; plantas de energía nuevas o adicionales que se requieran para el proyecto; instalaciones de tratamiento de efluentes nuevas o adicionales para el proyecto; y almacenes y terminales marítimas, nuevos o adicionales, construidos para la gestión de los bienes del proyecto.

Los reservorios geotérmicos se encuentran comúnmente en áreas remotas, lo que significa que las líneas de transmisión y las carreteras de acceso suelen tener que extenderse hasta conectarse a la red eléctrica y las comunidades locales. El impacto de esta infraestructura suele depender mayormente de la ubicación y la longitud de las líneas de transmisión y las vías de acceso.

Un mayor uso de la tierra puede resultar en un mayor desmonte en las laderas, adquisición de tierras, desplazamientos involuntarios, conflictos con los propietarios de los predios afectados e impactos en los hábitats naturales y patrimonio cultural. Durante la construcción, podría haber un aumento en las emisiones de aire, ruido y vibraciones, incremento de escorrentía, erosión, aguas residuales, residuos sólidos y daño o destrucción de sitios arqueológicos o de patrimonio cultural. Durante su operación, pueden aumentar los impactos visuales, accidentes (p. ej. Trabajo de alturas, electrocución, atropello de fauna, tráfico) fragmentación de hábitat, escorrentía de aguas, campos eléctricos y magnéticos y cambios o pérdida permanente de acceso a sitios de patrimonio cultural. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esta infraestructura de las líneas de transmisión y las carreteras de acceso trae claros beneficios que incluyen, mejoramiento de vías, acceso a sitios geotérmicos, oportunidades laborales y otros beneficios económicos, comunitarios, ambientales, y biológicos asociados con energía geotérmica.



4.4 MEDIDAS DE MITIGACIÓN TÍPICAS AL IMPACTO DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS

De acuerdo con las mejores prácticas internacionales, la gestión de los impactos ambientales y sociales se organiza de una manera jerárquica de mitigación. La jerarquía tiene como primer objetivo evitar o prevenir impactos. Si no se pueden prevenir, se busca minimizar los impactos inevitables. Los impactos resultantes deben ser mitigados y las condiciones originales res-

tauradas. Cuando existan impactos residuales significativos después de haber implementado las acciones para evitar, minimizar y restaurar, estos deben ser compensados de manera que se logre balancear los impactos negativos del proyecto con beneficios ambientales y sociales adicionales.

Proyecto de Waesano (Indonesia): perforación direccional para minimizar el impacto en tierras de la comunidad

La Isla de Flores, en Indonesia, tiene un potencial geotérmico estimado en unos 659MW, un recurso que se ha visto como idóneo para satisfacer una demanda creciente de electricidad. El gobierno de Indonesia, a través del Ministerio de Energía y Minas y el desarrollador público de proyectos PT SMI, y con apoyo del Banco Mundial, han comenzado los trabajos para construir una planta de entre 10MW y 32MW en las cercanías de los pueblos de Wae Sano y Sano Nggoang. Durante la etapa de caracterización del recurso geotérmico, se determinó que las mejores fuentes de calor se encontraban en áreas pobladas o cercanas a los pueblos. Ante esta situación, el proyecto priorizó soluciones que minimizasen el impacto sobre las comunidades locales manteniendo una distancia suficiente de áreas residenciales o de aquellas con valor ecológico. Por esta razón, se decidió realizar perforaciones direccionales, en vez de las tradicionales verticales, desde áreas donde la excavación de los pozos tuviese un impacto mínimo pero consiguiendo así acceder a los recursos que se encontraban bajo áreas pobladas. Con esta solución se minimizó la adquisición de tierras, la necesidad de realojamientos, y otros impactos de tipo cultural o de entorno ecológico.

Fuente: (SMI, Energi Dan Sumber Daya Mineral 2019)



Pailas, Costa Rica: perforación direccional para evitar la deforestación

En el Proyecto Las Pailas en Costa Rica, se incorporó la técnica de perforación direccional para reducir los impactos a la superficie y minimizar la tala de bosque. Como resultado, redujeron el uso de tierra por aproximadamente 75-80% comparado con perforación vertical. Al principio, la perforación direccional fue un desafío para el desarrollador, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), por falta de experiencia interna. El ICE entonces contrató a una empresa especializada para poder realizar perforaciones direccionales. Luego de un periodo de aprendizaje, los técnicos del ICE pudieron llevar a cabo la perforación direccional. Con esta experiencia, el ICE ahora está implementando esta técnica para el desarrollo de otros sitios geotérmicos, como el proyecto de Borinquén. La Figura A1-2 muestra un diagrama de un pozo direccional y una imagen de uno de los sitios de perforación durante el desarrollo de Las Pailas II.

Fuente: entrevista con el desarrollador

Las medidas de mitigación de un proyecto geotérmico se deben establecer de acuerdo a legislación nacional, estándares internacionales, los requerimientos de los inversionistas, las inquietudes de las comunidades locales, aquellas medidas estipuladas en los estudios de impacto ambiental y social del proyecto, y recomendaciones adicionales de buenas prácticas internacionales. Las medidas de mitigación se integran en los planes de gestión sociales y ambientales, los que engloban las acciones para lograr los objetivos de manejo, gestión y monitoreo ambiental durante las fases de exploración, construcción y operación de proyectos geotérmicos.

Además del marco regulatorio y estándares internacionales, sobre los cuales se puede encontrar mayor información en el Apéndice D, otras publicaciones de mejores prácticas internacionales incluyen las siguientes:

- IGA – Guía de Mejores Prácticas para la Exploración Geotermal (Best Practices Guide for Geothermal Exploration, 2014)
- IGA - Mejores Prácticas para la Exploración Geotermal: Una Guía para Proyectos Geotermiales para la Recolección de Información de los Recursos, Análisis y Su Presentación (Geothermal Exploration Best Practices: A Guide to Resource Data Collection, Analysis, and Presentation for Geothermal Projects (2013)
- Manual de Mejores Prácticas para la Perforación Geotérmica de Sandia National Laboratories (Handbook of Best Practices for Geothermal Drilling, 2010)
- Guías Sobre Medio Ambiente, Salud y Seguridad para la Generación de Energía Geotérmica, IFC (2007)¹¹

11 <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/1562a259-a91c-4aea-8126-927b966224d9/0000199659ESes%2BGeothermal%2B-Power%2BGeneration.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jkD2AIR>



La Tabla 4-2 resume medidas socio-ambientales de mitigación típicas que se pueden implementar para evitar, minimizar o monitorear los impactos negativos potenciales.

Tabla 4-2:

Medidas de Mitigación Típicas de Impactos y Riesgos Ambientales y Sociales de Proyectos Geotérmicos

RECURSO FÍSICO O BIÓTICO AFECTADO	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Calidad del aire	<p>Realizar un muestreo de la calidad del aire de referencia para anticipar los riesgos potenciales.</p> <p>Instalar sensores para monitorear la calidad del aire a fin de mantener los estándares de seguridad y salud ocupacional en el sitio del proyecto. En particular, instalar una red de monitoreo de gas H_2S, teniendo en cuenta la ubicación de las fuentes de emisión y las áreas de uso y habitación de la comunidad. Operación del sistema de monitoreo de gas H_2S de forma continua para facilitar la detección y advertencia tempranas.</p> <p>Si es necesario, utilizar sistemas de reducción de gases para eliminar las emisiones de H_2S u otras emisiones al aire que están en concentraciones por encima de los límites permisibles de los gases no condensables.</p> <p>Proporcionar a los trabajadores materiales educativos, capacitación y equipo de protección personal (EPP) para protegerlos de las emisiones atmosféricas.</p> <p>Reubicar los receptores cercanos (es decir, miembros de la comunidad) que podrían verse afectados por las emisiones de H_2S si el monitoreo de aire identifica un riesgo para la salud humana fuera del sitio.</p> <p>Implementar procedimientos de control de polvo fugitivo (por ejemplo, riego) según sea necesario.</p>
Ruido	<p>Seleccionar equipos con niveles de potencia acústica más bajos.</p> <p>Proporcionar a los trabajadores materiales educativos, capacitación y equipo de protección personal (EPP) para protegerlos.</p> <p>Instalar barreras / pantallas acústicas o uso de objetos del sitio o topografía para bloquear la línea directa del sitio entre las actividades generadoras de alto nivel de ruido y los receptores de ruido potencialmente afectados. Las barreras deben ubicarse lo más cerca posible de la fuente o la ubicación del receptor para que sean efectivas.</p> <p>Mantener al público informado sobre los planes y esfuerzos de construcción, perforación y prueba para minimizar el ruido e implementar un mecanismo de quejas.</p>



RECURSO FÍSICO O BIÓTICO AFECTADO	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Suelos	<p>Implementar un plan de control de sedimentos y erosión del suelo.</p> <p>Utilizar las mejores prácticas de manejo apropiadas durante las actividades de limpieza, en la medida de lo posible, tales como: programar las actividades de construcción durante la estación seca, especialmente en áreas con pendientes pronunciadas; limitar el despeje y la alteración al área de trabajo aprobada únicamente; minimizar el área de suelo desnudo en cualquier momento dentro de la zona de trabajo aprobada tanto como sea posible; y estabilizar y revegetar progresivamente las áreas alteradas.</p> <p>Estabilizar las áreas alteradas con vegetación u otros medios.</p> <p>Implementar un Plan de Control y Contramedidas de Prevención de Derrames (SPCC) que incluya programas de mantenimiento preventivo para equipos y vehículos (de acuerdo con los requisitos del fabricante); y almacenado y uso apropiadamente de combustible y materiales peligrosos en áreas asignadas que controlan derrames accidentales.</p> <p>Implementar un plan de manejo de recortes y lodos de perforación que incluya medidas para maximizar su reciclaje y disminuir la cantidad de residuos, su categorización, colección, manejo y disposición final.</p>
Recursos hídricos	<p>Reinyectar fluidos geotérmicos en el reservorio para garantizar la sostenibilidad del acuífero y evitar la contaminación de cuerpos de agua superficiales.</p> <p>Proporcionar suficiente almacenamiento de aguas residuales de proceso para evitar la liberación de agua no tratada a las aguas superficiales.</p> <p>Programar la perforación para que ocurra durante la temporada de lluvias o proporcione fuentes alternativas de agua para evitar una reducción significativa de las fuentes de agua locales.</p> <p>Implementar programas de mantenimiento preventivo para equipos y vehículos.</p> <p>Proporcionar letrinas para los trabajadores de la construcción.</p> <p>Realizar el monitoreo y las pruebas de la calidad del agua superficial aguas arriba de la toma de agua y aguas abajo de la influencia del Proyecto. Realizar pruebas o monitoreo del agua subterránea.</p> <p>Medir la disponibilidad y el uso del agua y reciclar el agua cuando sea posible.</p>



RECURSO FÍSICO O BIÓTICO AFECTADO	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Biodiversidad terrestre	<p>Minimizar la huella de actividades y la alteración del suelo y la vegetación.</p> <p>Llevar a cabo estudios previos al desmonte antes de las actividades de preparación del sitio para limpiar la vida silvestre y identificar la vida silvestre sésil, particularmente las especies raras y endémicas, en los sitios de la plataforma de pozos y reubicarlos en otros lugares no perturbados.</p> <p>Implementar una aplicación estricta de los límites de velocidad y límite la conducción nocturna.</p> <p>Implementar y hacer cumplir una política estricta de no caza y pesca de agua dulce para los trabajadores del proyecto.</p> <p>En la mayor medida posible, iniciar la perforación y las pruebas antes del inicio de la temporada de reproducción para las especies en peligro o amenazadas.</p> <p>Llevar a cabo un censo de población de especies en peligro o amenazadas en el área circundante al área del proyecto para establecer una línea de base para monitorear los impactos del proyecto.</p> <p>Minimizar la cantidad de iluminación artificial utilizada en los sitios del proyecto y usar iluminación direccional (iluminación orientada hacia abajo) para minimizar la dispersión de luz al cielo y los hábitats adyacentes.</p>
Biodiversidad acuática	<p>Minimizar las tomas de agua durante los períodos de flujo bajo.</p> <p>Minimizar la velocidad de entrada para la extracción de agua.</p> <p>Instalar mallas de alambre de cuña para excluir los organismos larvarios de la toma de agua.</p>
Áreas protegidas	<p>Minimizar la huella del Proyecto para minimizar los impactos negativos y garantizar que no se produzcan efectos secundarios de las actividades del Proyecto en las áreas protegidas.</p> <p>Implementar medidas de mitigación para la protección de la biodiversidad amenazada</p> <p>Implementar las medidas de mitigación de ruido y minimización de iluminación.</p>



RECURSO SOCIAL AFECTADO	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Salud, seguridad y protección de la comunidad	Minimizar el uso de la tierra y evitar asentamientos o áreas de uso intensivo de la tierra (como la agricultura).
	Adquirir tierras de forma voluntaria.
	Restituir tierras adquiridas o compensar a costo de reposición.
	Realizar una evaluación social para identificar a las personas indígenas en el área del proyecto.
	Realizar un proceso adecuado de consulta con las comunidades e individuos potencialmente afectados, y aquellos que tienen derechos o que utilizan a los territorios y recursos afectados.
	Identificar quién detenta el derecho al uso del suelo , si la comunidad, el estado, el municipio etc., e identificar cuales permisos son necesarios. Obtener el consentimiento comunitario en los casos en que se aplique.
	Servir de enlace con las autoridades correspondientes para ayudar a buscar alojamiento adecuado y establecer tarifas de alquiler para no aumentar otros costos en el área del proyecto.
	Proporcionar vallas de seguridad alrededor de los sitios del proyecto.
	Establecer e implementar un Código de Conducta para todos los empleados del Proyecto y el personal contratado.
	Emitir una declaración de política sobre las infecciones de transmisión sexual , incluido el VIH / SIDA, y comunicarse internamente con el personal y externamente con los contratistas.
Salud y seguridad ocupacional	Implementar el plan de acción de reasentamiento y el plan de restauración de los medios de vida.
	Implementar un mecanismo de reclamo comunitario .
	Implementar el Plan de Desarrollo de Proveedores y Empleo Local .
	Establecer un plan de respuesta a emergencias .
	Proporcionar a todos los trabajadores el equipo de protección personal adecuado.
	Proporcionar vallas de seguridad alrededor de los sitios del proyecto.
	Establecer un plan de respuesta ante emergencias y brindar capacitación a los trabajadores.
	Emitir una declaración de política sobre las infecciones de transmisión sexual y comunicarse internamente con el personal y externamente con los contratistas.



RECURSO SOCIAL AFECTADO	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Seguridad del tráfico y el transporte	Implementar un plan de gestión del tráfico que requiera la programación de viajes fuera de las horas pico, el transporte de remolques de vehículos con orugas y el uso de vehículos de escolta. Proporcionar fondos para reparar cualquier daño vial causado por las actividades del Proyecto.
Turismo	Mantener el acceso continuo a los atractivos turísticos.
Paisaje visual	Conservar la vegetación en los bordes del sitio del proyecto y pozos de producción e inyección.
Patrimonio cultural	Implementar un plan de gestión del patrimonio cultural y el procedimiento de hallazgos fortuitos.

Fuente: ERM, 2020

Una estrategia interesante para gestionar el riesgo medioambiental desde un punto de vista administrativo, particularmente de cara a solicitar financiamiento internacional, es dividir las categorizaciones de la fase de exploración de la de construcción de planta. La categoría A se asigna a operaciones que pueden provocar grandes impactos ambientales y sociales negativos o que tienen repercusiones profundas para los recursos naturales, mientras que la Categoría B se otorga a operaciones que pueden provocar impactos ambientales y sociales negativos en general locales y a corto plazo, para los cuales se conocen medidas de mitigación eficaces y fácilmente disponibles.

La exigencia de debida diligencia y metodología de consulta es mayor para proyectos de categoría A que B. Generalmente, un proyecto geotérmico se clasifica en su totalidad como A debido al desconocimiento de la tecnología y a la necesidad de socialización, lo que disuade a muchos desarrolladores por las dificultades de gestión que implica. No obstante, la fase exploratoria puede muchas veces considerarse como B, facilitando estas actividades y facilitando la toma de decisiones cuando ya se tiene mayor conocimiento sobre el recurso a la hora de enfrentarse a la construcción de planta, normalmente en Categoría A.



4.5 COMPARACIÓN DE IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DE LA GEOTERMIA CON OTRAS TECNOLOGÍAS

En ALC, el desarrollo de otras tecnologías de energía renovable ha aumentado mucho más rápido que la energía geotérmica. La implementación de energía eólica y de biomasa fue posible gracias a su bajo riesgo, rápido desarrollo y menores requerimientos de inversión (ESMAP, 2018). Asimismo, la energía solar en ALC se ha beneficiado de la disminución de los costos de desarrollo, así como de incentivos desarrollados por los países. Estas tecnologías renovables son atractivas tanto para el sector público como para el privado debido a su menor costo inicial comparado con la geotermia; sin embargo, la geotermia tiene, además de la su capacidad de aportar energía firme y flexible, ofrece impactos medioambientales más reducidos.

Como se ha ido comentando, existen claras ventajas de la energía geotérmica en comparación con otras tecnologías de generación. Se enumeran a continuación las más destacables:

• Ocupación de terreno.

La energía geotérmica tiene una intensidad de uso del terreno mucho más pequeña, como se puede observar en la tabla a continuación (Tabla 4-3). Las centrales eléctricas geotérmicas son las que menos tierra requieren por MW en comparación con otras energías renovables, e incluso centrales eléctricas de carbón.

Tabla 4-3:

Uso del Suelo por Tipo de Energía

TIPO DE ENERGÍA	HECTÁREAS POR MW
Geotermia	0.4 - 5.3
Eólica	8.9 - 100.0
Nuclear	2.0 - 5.1
Carbón	7.7
Gas Natural	5.0
Hidro	127.6
Solar	1.9 - 17.6

Fuente: USU, 2015; Salameh, 2014; USCSUSA, 2013.

• Precio de la energía:

La generación de electricidad a partir de energía geotérmica puede encontrarse entre las más económicas, lo que puede tener impactos económicos positivos. Con las apropiadas medidas de mitigación de riesgo en la fase exploratoria, el precio de la energía eléctrica geotérmica puede alcanzar valores por debajo de los US\$ 0.07/kWh (IRENA, 2020c)

• Seguridad de Suministro.

La energía geotérmica es constante y confiable, a diferencia con la solar y la eólica, que son intermitentes. Además, tiene capacidades de respuesta de segundos. Esto le permite ser una tecnología renovable que aporta flexibilidad y seguridad de suministro a los sistemas eléctricos.



• Resiliencia a impacto de eventos climáticos.

Las plantas geotérmicas también presentan una mayor resiliencia a los efectos del cambio climático, en particular a períodos largos de sequía y a fenómenos como huracanes. Comparada con la hidroeléctrica, la geotermia no se ve afectada por los periodos largos de sequía ni requiere de una planificación plurianual, lo que le permite ser una buena tecnología tanto de base como de punta y que puede ayudar a mitigar picos de precio en el suministro eléctrico producidos en periodos de escasez hídrica. Además, por el carácter de sus instalaciones, muchas de ellas subterráneas, presenta mayor resiliencia al impacto de fuertes vientos cuando se compara con las instalaciones de paneles

solares y molinos eólicos. Estas características son especialmente relevantes para regiones como la Andina, con fuertes ciclos hídricos, y el Caribe, con temporadas de huracanes cada vez más marcadas.

Además, la energía geotérmica presenta en general, menores impactos sociales y ambientales.

Los impactos en los hábitats naturales y paisajes terrestres se pueden evitar con un oportuno análisis de alternativas, y con varias medidas que se presentan en la Tabla 4-3. A continuación, la Tabla 4-4 resume y compara los impactos ambientales y sociales típicos de distintas energías renovables.

Tabla 4-4:

Comparación de Impactos Ambientales y Sociales de las Energías Renovables

	GEOTERMIA	SOLAR	HIDRO	EÓLICA	BIOMASA
Hábitats naturales y paisaje natural	Generalmente bajo, pequeña área de ocupación de la planta (0.4 a 5.3 Ha/MW)	Grandes áreas necesarias para los paneles en centrales de gran escala (PV: 1.9 a 17.6 Ha/MW)	En plantas grandes gran impacto por inundación del embalse asociado (aprox. 127.6 Ha/MW)	Áreas potencialmente grandes cubiertas por parques eólicos (8.9-100 Há/MW)	Potencialmente grandes áreas para la producción de la biomasa (no en caso de funcionar con subproductos)
Flora y fauna	Generalmente pequeño impacto (potencial de disrupción o destrucción de hábitat en los procesos e exploración)	Impactos potencialmente medianos (potencial de disrupción o destrucción de hábitat por ocupación de tierra)	Potencialmente alto (potencial de disrupción o destrucción de hábitat causada por inundaciones para presas grandes; peces heridos o muertos por turbina)	Impactos potencialmente altos en ciertos grupos (aves y murciélagos)	Impactos potencialmente altos (potencial de disrupción o destrucción de hábitat para la producción de materia prima)

Leyenda de fondo de color

Impactos negativos insignificantes o bajos Impactos negativos medianos Impactos negativos altos



	GEOTERMIA	SOLAR	HIDRO	EÓLICA	BIOMASA
Calidad del aire	Impactos locales potencialmente bajos (potencial de emisiones de H ₂ S u otros GNCs, así como de malos olores por sulfuros)	Impacto insignificante (sin impactos directos en la calidad del aire)	Impacto bajo (sin impactos directos en la calidad del aire, excepto en aquellos casos de gran acumulación de materia orgánica bajo el agua, que puede dar lugar a emisiones de metano)	Impactos insignificantes (sin impactos directos en la calidad del aire)	Impactos potenciales de bajos a medianos (cero emisiones netas de gases de efecto invernadero, sin embargo, pueden liberar emisiones brutas peligrosas al aire)
Calidad de agua	Impactos potenciales bajos a medianos (el uso de agua depende del tipo de tecnología y puede implicar el uso de fuentes locales)	Impactos potencialmente bajos (posible consumo de agua para enfriamiento húmedo y limpieza)	Alto potencial de impacto (relacionado con cambios en la hidrología, niveles de nutrientes, pérdida de agua)	Impactos insignificantes (sin impactos directos en la calidad de agua)	Impactos potenciales de bajos a altos (relacionados con el uso de pesticidas y fertilizantes en la producción de biomasa)
Impactos sociales	Impactos potenciales de bajos a medianos (relacionados con el potencial olor y las actividades de exploración)	Impactos potenciales bajos (relacionados con la gran ocupación de espacio)	Alto potencial de impacto (relacionados con las grandes huellas de algunos proyectos, el uso de los cursos de aguas y desplazamientos de población)	Impactos de potencial bajo a alto (relacionados con ruido, impactos visuales, y uso de suelos)	Impactos de potencial bajo a alto (relacionados con desechos de residuos, y uso de suelos que podrían ser usados para cultivar alimentos para consumo humano, emisiones atmosféricas potencialmente peligrosas)
Impactos climáticos	Impactos insignificantes; Impactos positivos al reemplazar la energía de combustibles fósiles				

Leyenda de fondo de color

Impactos negativos insignificantes o bajos
 Impactos negativos medianos
 Impactos negativos altos

Fuente: ERM 2020



5

ESTRATEGIAS DE CONSULTA
Y PARTICIPACIÓN SOCIAL
Y COMUNICACIÓN DE
PROYECTOS GEOTÉRMICOS

5.

ESTRATEGIAS DE CONSULTA Y PARTICIPACIÓN SOCIAL Y COMUNICACIÓN DE PROYECTOS GEOTÉRMICOS

La falta de aceptación social es una de las mayores limitaciones para la implementación de nuevas tecnologías renovables. La aceptación social se puede definir como producto de tres componentes principales: aceptación sociopolítica, aceptación comunitaria y aceptación del mercado (Payera, 2018; Wüstenhagen et al., 2007). (Figura 5-1).



Figura 5-1:
El Triángulo de
Aceptación Social
de la Innovación en
Energías



Fuente: Wüstenhagen et al., 2007

Varias percepciones erróneas, malentendidos y desinformación se han relacionado con la energía geotérmica debido al limitado conocimiento público sobre esta tecnología. Esto puede causar una cobertura negativa de los medios, preocupaciones excesivas sobre sus impactos potenciales y la inadecuada participación pública durante el proceso de consulta (Payera, 2018). Por ejemplo, la comunidad puede desconocer que, a diferencia de la producción de petróleo y gas natural, la energía geotérmica es común que reinyecte los fluidos subterráneos en el mismo reservorio, lo que mantiene las presiones, reduce el riesgo sísmico y mantiene el equilibrio hídrico. Además, es común que el

vapor de agua emitido por plantas de energía geotérmicas¹², en particular las binarias, se confunda con emisiones de contaminación atmosférica, cuando de hecho las plantas de energía geotérmica comúnmente tienen pequeños impactos en la calidad del aire. Las percepciones que existen sobre energía geotérmica pueden generar oposición social que aumentan los riesgos financieros y retrasan los proyectos geotérmicos o, en algunos casos, disuaden a los desarrolladores de continuar con el desarrollo en esas áreas. Debido a esto, la energía geotérmica ha recibido menos aceptación social en comparación con algunas de las otras tecnologías renovables. La oposición social puede dar

12 Para más información sobre las tecnologías de generación geotérmica, ver Apéndice A.



lugar a tensiones, disputas legales y publicidad negativa que pueden causar retrasos y dificultar el acceso a financiación comercial.

La piedra angular para tomar decisiones fundamentadas y mantener una buena gobernanza en los proyectos es realizar actividades de consulta y participación social de una manera oportuna, transparente y significativa con las partes interesadas (BID, 2017). Involucrar a las partes interesadas desde las etapas tempranas de los proyectos (p. ej. desde la etapa de concepción, de exploración de la superficie y diseño) y comunicar abiertamente los riesgos potenciales ambientales, sociales, de salud y seguridad de los proyectos geotérmicos, así como las medidas de mitigación y las oportunidades, es clave para poder:

- Crear un ambiente de confianza y aceptación entre el proyecto y las partes interesadas.
- Convertir a las partes interesadas y comunidades afectadas en socios/as del proyecto.
- Capturar las opiniones e inquietudes de las personas o grupos que puedan verse afectadas o que tengan interés en el proyecto.
- Aumentar la apropiación local de programas de compensación e inversión social, medidas de mitigación, actividades de monitoreo participativos, entre otras.
- Adaptar el proyecto al contexto local y con pertenencia cultural.
- Constatar y verificar datos directamente con las personas del Área de Influencia de los proyectos.
- Construir y mantener la credibilidad y legiti-

midad del proyecto, de las agencias ejecutoras y las instituciones financieras internacionales (BID, 2017).

La estrategia de comunicación de un Proyecto debe describir y explicar tanto los impactos potenciales, como los beneficios de la energía geotérmica y ayudar a aclarar percepciones erróneas que puedan surgir entre las partes interesadas. Esta sección discute cómo llevar a cabo un proceso de planificación y socialización para a) informar a las partes interesadas, b) entender las capacidades, inquietudes y aspiraciones de las partes interesadas y comunidades locales, c) entender y tomar en cuenta desde una etapa temprana sus inquietudes y aportaciones y d) asegurar que las comunidades estén preparadas para aprovechar las oportunidades que ofrecen los proyectos geotérmicos. A lo largo de esta sección, también se han incluido testimonios de proyectos geotérmicos exitosos en ALC.



5.1 PROCESOS DE SOCIALIZACIÓN Y CONSULTA Y MECANISMO DE GESTIÓN DE QUEJAS Y RECLAMOS

Para obtener aceptación social y una relación efectiva con las partes interesadas, el proyecto debe establecer un proceso de diálogo bidireccional y consulta pública continuo y transparente, así como un mecanismo accesible de gestión de quejas y reclamos. Esta sección se enfoca en cuatro pilares fundamentales de la gestión social efectiva de los proyectos: la identificación de partes interesadas, mejores prácticas de comunicación y consultas y el mecanismo de quejas y reclamos. Para más detalles sobre estos temas y procesos, véase la guía sobre Consulta Significativa con las Partes Interesadas (BID, 2017) disponible en la página web del BID.

5.1.1 IDENTIFICACIÓN Y MAPEO DE PARTES INTERESADAS

El primer paso es llevar a cabo un proceso de identificación y mapeo de las partes interesadas para asegurar que todas ellas estén representadas y puedan participar. Esta es una etapa que se desarrolla a lo largo del proyecto. Las “partes interesadas” son individuos, grupos o instituciones que tienen algo en juego o un interés en el proyecto. El “mapeo” es un proceso continuo de análisis sobre la percepción, interés, y posición de las partes interesadas sobre el Proyecto. El mapeo inicial debe ser verificado y ajustado según sea necesario sobre la base de la comunicación las partes afectadas y según los cambios que ocurran a lo largo de la vida del proyecto.

La identificación inicial de las partes interesadas se puede realizar con fuentes de datos existentes e informaciones recogidas en conversaciones con informantes claves. Por ejemplo, se puede organizar una reunión o taller inicial e invitar a un grupo diverso y representativo de personas con conocimientos del contexto del proyecto para elaborar una lista inicial de categorías de partes interesadas y asuntos prioritarios.

Las categorías y subcategorías de partes interesadas relevantes variarán de un proyecto a otro, a menudo dependiendo de la ubicación del proyecto; sin embargo, algunos de los grupos que se identifican típicamente en los proyectos geotérmicos y cuyas opiniones deberían tenerse en cuenta son:



- Personas y grupos afectados negativamente (p.ej. personas de comunidades aledañas)
- Beneficiarios previstos (p.ej., empresas locales)
- Trabajadores del proyecto y sus representantes
- Autoridades gubernamentales (locales, regionales y a nivel país)
- Sociedad civil (p.ej., ONG locales e internacionales, organizaciones comunitarias, grupos religiosos)
- Instituciones académicas y de investigación
- Organizaciones del sector turístico
- Sindicatos o asociaciones empresariales
- Empresas privadas que operen en el área del proyecto
- Instituciones financieras, nacionales e internacionales.

En ALC, el género es frecuentemente un determinante clave en la capacidad de las personas de tener acceso a los beneficios de un proyecto, así como para establecer la vulnerabilidad ante impactos adversos o beneficios del proyecto. Por lo tanto, el análisis de las partes interesadas debe abordar las relaciones de género de manera explícita. Se debe tener en cuenta el control diferente que tienen hombres y mujeres sobre los bienes, los recursos productivos, las oportunidades de empleo y la toma de decisiones (BID, 2017). Por ejemplo, mientras que los hombres habitualmente destacan preocupaciones como los impactos potenciales del proyecto en sus actividades económicas, las mujeres suelen aportar otra perspectiva y enfatizar inquietudes adicionales como el potencial aumento de inseguridad en las comunidades debido al flujo de trabajadores foráneos. En este caso, el promotor del Proyecto, con el apoyo de las autoridades locales, puede desarrollar programas de educación y prevención dirigidos a los trabajadores que participan en el proyecto con el fin de controlar los riesgos a la seguridad y la salud, especialmente de mujeres y niñas de las comunidades en el área de influencia de los proyectos.

Cerro Pabellón, Chile: consultas en aspectos de género

Gracias al enfoque de género utilizado en el desarrollo de Cerro Pabellón en Chile, las mujeres de las comunidades locales fueron involucradas en el desarrollo de la planta y pudieron encontrar sinergias entre sus expectativas empresarias y las oportunidades que la construcción de la planta ofrecía. Así, la comunidad de mujeres pudo crear una serie de micro-empresas, como por ejemplo un servicio de exitoso de servicio lavandería que creció gracias al influjo económico de la construcción de la planta de generación.

Fuente: entrevista del autor con Cerro Pabellón, 2020



Una vez identificadas las partes interesadas, será más fácil para el proyecto entender las preocupaciones, recomendaciones e intereses de cada grupo a través de las actividades de consulta. La Tabla 5-1 presenta algunos ejemplos de las preocupaciones e intereses que se identificaron durante procesos de consulta con partes interesadas de un proyecto geotérmico en Dominica (Dominica Geothermal Development Company Limited, 2018).

Tabla 5-1:

DOMINICA: Ejemplo de Preocupaciones e Intereses Expresados por Partes Interesadas en el Proyecto Geotérmico en Dominica

PARTES INTERESADAS	PREOCUPACIONES Y/O INTERESES	RESPUESTA DEL PROYECTO DE DOMINICA
Comunidad y escuela de primaria	Niveles de ruido del proyecto y su impacto a la comunidad Beneficios para la Comunidad (p.ej. inversión social)	Los niveles de ruido respetarán los estándares aceptables de ruido de la comunidad. El ruido de la construcción se reducirá en la medida de lo posible utilizando medidas de mitigación y mejores prácticas.
Negocios turísticos	Impacto visual del proyecto e impactos negativos para el sector turístico (impacto de tráfico y calidad del aire)	Los impactos al turismo, incluido los balnearios termales, se consideran menores. No es probable que el recuso termal se reduzca como resultado del proyecto. El proyecto podría convertirse en un destino turístico educativo.
Líderes de las comunidades	Impactos en la adquisición de tierras y reasentamiento	Las personas afectadas por la adquisición de tierras se consultarán apropiadamente y se les compensará según los estándares internacionales.

Fuente: Dominica Geothermal Development, ESIA Volume 3: Social Impact Assessment, octubre de 2018

Además, se debe tener en cuenta que las percepciones de las partes interesadas hacia el proyecto pueden cambiar a través del tiempo y dependiendo del contexto. Por ejemplo, para el caso del proyecto de geotermia en Dominica, las inquietudes que expresaron a principios de 2017 se centraban en:

- La salud, sobre todo en las emisiones de vapor y calidad de aire asociadas con la planta;
 - Preocupaciones por los olores y los impactos en la economía del Proyecto, especialmente, la industria del turismo;
 - El ruido; y
 - Compensación adecuada por la adquisición de tierras.
- Sin embargo, tras el paso del huracán María en septiembre de 2017, otras preocupaciones salieron a la luz:
- Desastres naturales;
 - Mejoramiento de la infraestructura;
 - Impactos en los medios de vida y turismo;
 - Planes de respuesta a emergencias; e
 - Impactos culturales por el influjo de trabajadores durante la construcción.



Este ejemplo ilustra la importancia de mantener una comunicación continua y efectiva, incluso después de los ejercicios realizados para la evaluación de impacto ambiental y social, para poder detectar cambios en las percepciones e intereses de las partes interesadas.

Para mantener una comunicación continua y efectiva, se recomienda establecer desde el principio un equipo de relacionamiento con la comunidad y, en lo posible, mantener al mismo equipo durante la vida del proyecto. Idealmente este equipo puede incluir miembros de la comunidad. De este modo, es más fácil construir una relación estable de confianza entre el proyecto y las partes interesadas.

Las Pailas, Costa Rica: un enlace estable con las comunidades locales

En la mayoría de los casos, el proceso de desarrollo de los proyectos geotérmicos involucra diferentes equipos durante las diferentes fases del proyecto, como consultores externos, los promotores del proyecto y los operadores, entre otros. El equipo del Proyecto Geotérmico Las Pailas en Costa Rica resaltó que una de las claves del éxito fue mantener al mismo equipo de trabajo desde el principio y durante todas las etapas del proyecto. Las personas de las comunidades no se confundían, sabían a quién dirigirse y se logró establecer una relación de confianza entre el equipo social del proyecto y las partes interesadas de las comunidades.

Fuente: entrevista del autor con Las Pailas, 2020

Para completar el mapeo de las partes interesadas, para cada una se analiza cuáles son sus intereses o si se ven afectados por el proyecto (ya sea de manera positiva o negativa) o si pueden tener un interés en el proyecto y se encuentren en posición de influir en sus resultados, como se ilustra en la Figura 5-2.



Figura 5-2:
Análisis de Partes Interesadas

GRUPOS CLAVES DE PARTES INTERESADAS



Fuente: BID, Consulta significativa con las partes interesadas, 2017.

5.1.2 ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN

Una estrategia de comunicación efectiva provee información clara y completa sobre el proyecto, promueve la participación efectiva de las partes interesadas y asegura que las partes interesadas conozcan y entiendan el proyecto, sus impactos y sus beneficios.

Una vez hecho el mapeo de partes interesadas, se puede concretar una estrategia de comunicación específica y adaptada para cada grupo incluyendo la prioridad, mensaje clave, acción a tomar y el indicador o evidencia. La Tabla 5-2 resume ejemplos de estrategias de comunicación para varias partes interesadas.



Tabla 5-2:
Ejemplos de Estrategias de Comunicación

PARTES INTERESADAS	PRIORIDAD	MENSAJE CLAVE	TIPO DE INFORMACIÓN	ACCIÓN	INDICADOR
Autoridades y entidades gubernamentales relevantes al proyecto	Alta	<p>El Proyecto tiene apertura para recibir recomendaciones y escuchar preocupaciones</p> <p>El Proyecto cumplirá con la normatividad aplicable, así como con buenas prácticas de gestión social</p>	Si se solicita, la información puede ser más extensa con detalles técnicos	Informar a las autoridades locales de las generalidades del Proyecto (ej. fechas de inicio y actividades)	Evidencia de informes o comunicaciones entregadas, invitaciones, visitas
Comunidades locales, Sociedad civil y Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) de alcance local, nacional e internacional	Alta	<p>El Proyecto tiene el compromiso de informar a las comunidades y otras partes interesadas de manera clara y transparente</p> <p>El Proyecto tiene apertura para recibir recomendaciones y escuchar preocupaciones</p>	Clara, accesible y culturalmente apropiada para todos los receptores y disponible en los idiomas del lugar	<p>Dar seguimiento a posturas de estos actores, vía consultas, fuentes secundarias de información y medios de comunicación</p> <p>Compartir información general sobre el proyecto cuando la soliciten</p>	<p>Evidencia de material impreso para difusión a las partes interesadas</p> <p>Documentar, si las hubiera, las posturas específicas de las ONGs en torno al proyecto</p>
Actores de actividades productivas en el área de influencia del proyecto (p. ej. turismo)	Alta	<p>El Proyecto cumplirá con buenas prácticas internacionales y la legislación nacional aplicable</p> <p>El Proyecto tiene apertura para recibir recomendaciones y escuchar preocupaciones</p>	Clara, accesible y culturalmente apropiada para todos los receptores y disponible en los idiomas del lugar	Dar a conocer a éstos información relevante del proyecto incluyendo un cronograma estimado para las actividades principales del proyecto	Evidencia de material impreso y actividades de consulta (p. ej. talleres, mesas de diálogo, reuniones, etc.)/ participación

Fuente: ERM, 2020



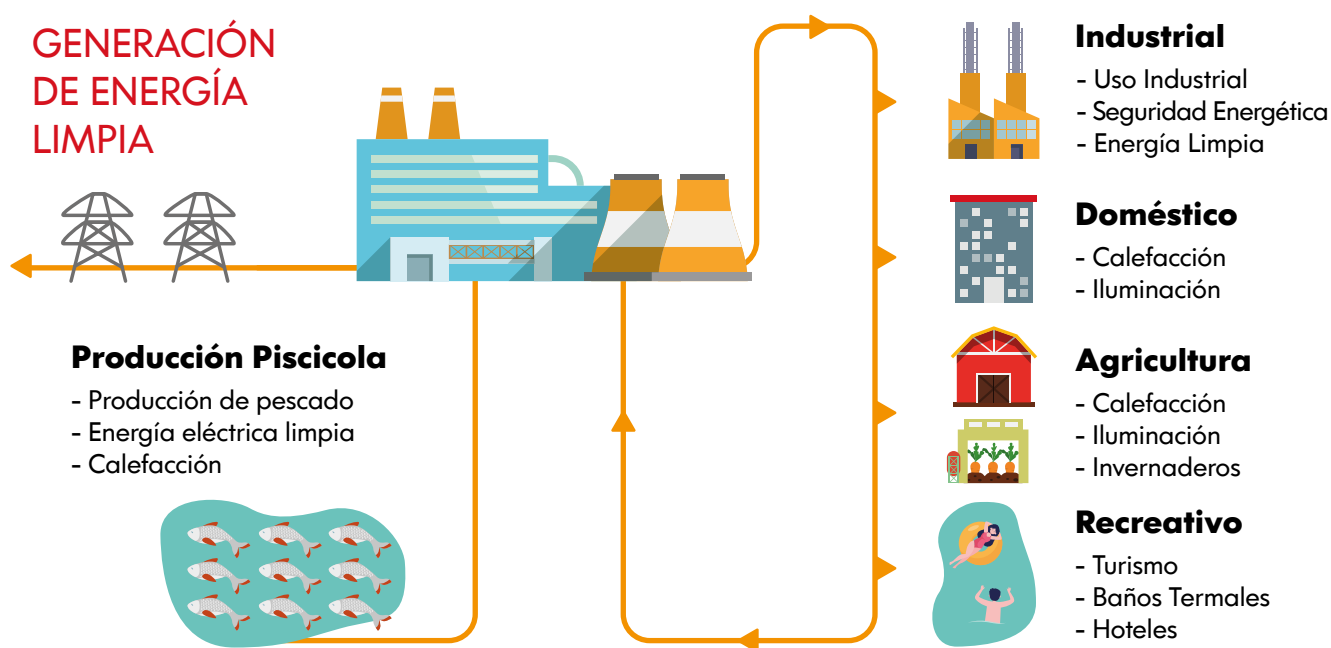
Paipa, Colombia: abordar la desinformación de las comunidades sobre la geotermia

La estrategia de comunicación debe abordar la desinformación que puede surgir en torno a los proyectos geotérmicos por falta de conocimientos sobre este tipo de energía. Para el proyecto geotérmico de Paipa, Colombia, GENSA enfocó su comunicación organizando jornadas educativas con un lenguaje claro y práctico desde la etapa cero del proyecto. Se impartieron clases a la comunidad para explicar cuáles son las fuentes de energía geotérmica y presentar casos exitosos. Esta estrategia fue clave para desmentir percepciones erróneas de las partes interesadas, sobre todo para explicar que la energía geotérmica no es como el *fracking*, ya que como era un tema central en Colombia muchas personas asociaban erróneamente los impactos del *fracking* con la energía geotérmica. GENSA detectó que las redes sociales ayudaban a difundir desinformación y percepciones incorrectas. Por lo tanto, monitoreó las redes sociales y noticias sobre el proyecto para poder abordar las percepciones de las partes interesadas a tiempo.

El proyecto geotérmico de Paipa en Colombia, quiere enfocarse en el gran potencial de la energía geotérmica, y planea crear un Centro de Investigación de Geotermia para evaluar los diferentes usos directos, dar a conocer la energía geotérmica y potencialmente desarrollar nuevos proyectos que puedan beneficiar iniciativas para las comunidades y partes interesadas. Gensa, desarrollador del proyecto, ha destacado los usos directos de la geotermia en sus presentaciones para las partes interesadas, como se muestra en la Figura 5-3, creando diagramas y esquemas gráficos fácilmente comprensibles durante los eventos explicativos del proyecto.

Figura 5-3:

Usos Directos de la Geotermia, Presentación de GENSA para el Proyecto Paipa



Fuente: Gensa, Presentación Proyecto Geotérmico Paipa, mayo de 2019 y entrevista del autor con Gensa, 2020



Las estrategias de comunicación se pueden detallar y ajustar a cada subgrupo específico de partes interesadas del proyecto una vez que se conozca con más detalle cada una. Por ejemplo, puede ser que una ONG a nivel internacional solicite información general del proyecto, mientras que otra local esté interesada en tomar un rol más activo en las actividades de consulta y participación para proteger sus intereses.

Apaseo el Grande, Mexico: Comunicar entendiendo a los miembros de la comunidad

Para el desarrollo del proyecto de energía geotérmica en Guanajuato (Apaseo el Grande), México, el Grupo ENAL contactó a representantes de los diferentes grupos de las comunidades locales para preguntarles sobre lo que conocían sobre la geotermia y explicarles el proyecto de energía geotérmica con el propósito de que corriesen la voz de boca en boca entre los habitantes de las comunidades aledañas. Visto el éxito de esta estrategia, el proyecto fue más allá, y contrató a personas de la región, líderes de la comunidad, de sindicatos y ejidatarios para apoyar con las labores de relacionamiento social. Estas personas les recomendaban personas a las que podían contratar, y se convirtieron en una pieza clave para pedir permisos, para poder acceder a los predios, para los estudios y otras actividades. Como destacó el Director Técnico de Geotermia en ENAL, *“al generar empleo, la gente apoya al proyecto y lo va haciendo suyo”*. Además, las personas que se contrataron resultaron clave en temas de seguridad local ya que el proyecto se ubica cerca de una zona conflictiva debido al paso de trenes hacia el norte.

Fuente: entrevista del autor con Enal/Carso, 2020

La estrategia de comunicación incluye, no solo compartir información sobre el proyecto, sino también establecer un diálogo bidireccional, con la participación directa y el empoderamiento de las partes interesadas. Durante la crisis del COVID-19, el Instituto Costarricense

de Electricidad (ICE), para el proyecto geotérmico Las Pailas en Costa Rica envió informes por escrito por correo oficial a las asociaciones de la comunidad para mantenerlos informados durante los meses que no se pudieron reunir en persona.



Geoplatanares, Honduras: Comunicar la diferencia entre geotermia y minería

El proyecto de Geoplatanares en Honduras es el de una planta de 38MW con tecnología geotérmica de ciclo binario enfriada por aire construida en 2017 y propiedad de Ormat. Para el proyecto, ser transparente con las partes interesadas ha sido clave para el éxito y aceptación del proyecto. Al principio, los miembros de las comunidades aledañas pensaron que el proyecto pertenecía a una mina que ya existía desde hacía 20 años en el área de influencia. Ante este reto, el proyecto dio prioridad a informar a la población y partes interesadas sobre el proyecto, la energía geotérmica y los valores de la empresa (por ejemplo, anti-corrupción, ética y respeto a los derechos humanos) y así evitar replicar los problemas sociales que estaban sucediendo en la mina, como huelgas y descontento social. Les costó tiempo, pero tras los esfuerzos de comunicación a través de reuniones con la comunidad, presentaciones y eventos, se consiguió la aceptación del proyecto, y la población entendió la diferencia entre el proyecto de geotermia y la mina. Por seguridad, este proyecto cuenta con un muro alrededor del área de la planta, pero quisieron eliminar esta división física manteniendo una relación estrecha con las comunidades involucrando a escuelas, estudiantes y otras partes interesadas en el proyecto. Para ello, realizan eventos de puertas abiertas y otras actividades; por ejemplo, se realizó un concurso de pintura sobre el tema ambiental, se invitó a un artista muralista hondureño y se llevó a cabo una ceremonia de premios. Los estudiantes se sintieron parte del proyecto.

Fuente: entrevista del autor con Geoplatanares, 2020



5.1.2.1 COMUNICACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA GEOTERMIA

Las ventajas de la energía geotérmica pueden ser no evidentes para las comunidades. A continuación, se presentan algunos mensajes clave sobre la energía geotérmica y sus beneficios que pueden incluirse en la estrategia de comunicación de un proyecto:

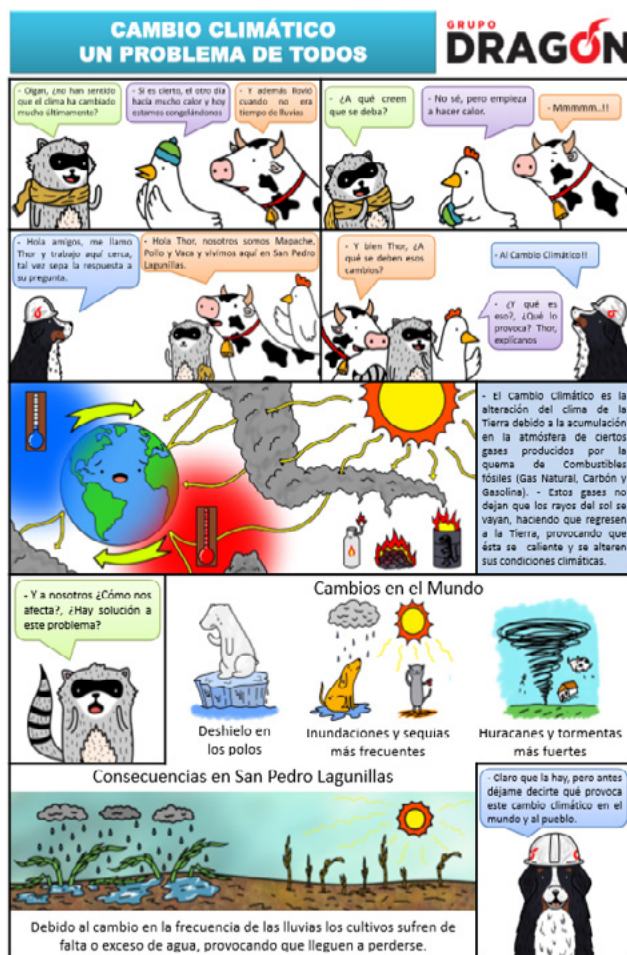
- La energía geotérmica es segura, limpia y fiable.
- Agua: el agua utilizada suele ser de acuíferos muy profundos (en torno a los 2000-2500m) no utilizables en consumo agropecuario, al poder contener sustancias tóxicas de origen natural. Por esta razón, países como México distinguen en su regulación “agua” de “agua geotérmica”.
- Precio: Es una fuente de energía firme competitiva que aporta estabilidad a los precios de la electricidad. Su precio nivelado oscila entre US\$0.07 y US\$0.11 /kWh comparado, por ejemplo, con la solar fotovoltaica de escala comercial respaldada con baterías que esta entre de US\$0.08 y \$0.14 /kWh (Lazard, 2020).
- Combustibles: Es una fuente de energía que disminuye la dependencia energética de los combustibles fósiles y de otros recursos no renovables.
- Residuos y emisiones: Los residuos que produce son mínimos y ocasionan menor impacto ambiental que los originados por el petróleo y el carbón. Debido a que la energía geotermal se puede extraer sin el uso de combustibles fósiles, su huella de carbono es baja y la contaminación general es menor en comparación con la energía de combustibles fósiles.
- Ocupación: El área de terreno que se requiere para las plantas geotérmicas por megavatio es menor que otro tipo de plantas, por lo que tiene una mínima huella ecológica.
- Emisiones: La emisión de CO₂ (que aumenta el efecto invernadero) es muy inferior al que se emitiría para obtener la misma energía por combustión y puede llegar a ser nula en las plantas de ciclo binario.
- Empleos: Creación de empleos, sobre todo en las etapas de construcción y operaciones. Se estima que a nivel de empresa operadora, un proyecto geotérmico de 50MW respaldaría entre 35 y 60 empleos permanentes durante un periodo de 30 a 50 años y durante la construcción, se crearían aproximadamente 155 puestos de trabajo por año.
- Es una fuente de energía inagotable.
- Impacto en la economía local con una gestión efectiva, los proyectos geotermales tienen impactos positivos sobre la economía local, regional y nacional, al ganarse eficiencia en la producción energética y crearse nuevas oportunidades en actividades productivas.
- Operación: Durante la construcción se prevén impactos potenciales, los cuales pueden ser mitigados con facilidad. Sin embargo, durante operaciones, dependiendo de la tecnología seleccionada, los impactos son mínimos.
- Tiene una vida útil larga, de más de 30 años.
- Es un sistema de gran ahorro tanto económico como energético para actividades productivas.
- La energía eléctrica geotérmica es de suministro constante y fiable. No depende del clima, como la solar o eólica, ni se ve impactada por periodos de sequía, como a hidroeléctrica.

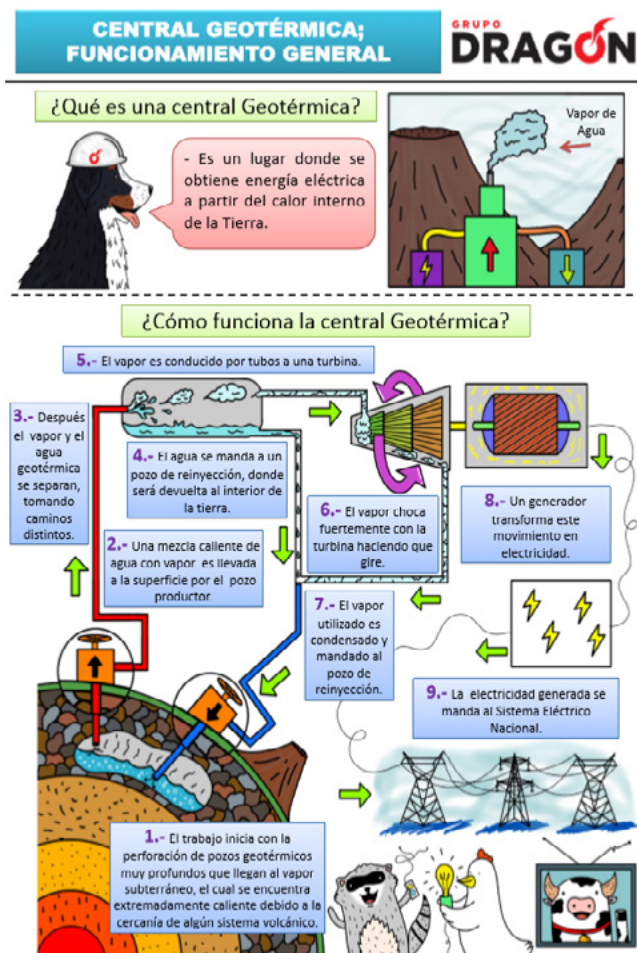


Domo San Pedro, México : Comunicar usando trípticos

Proyectos como el de Domo San Pedro en México han optado por realizar un tríptico donde se explica de una manera muy sencilla y con lenguaje simple la energía geotérmica y sus ventajas, así como temas relacionados con el cambio climático. Para ello, diseñaron unas viñetas con personajes conocidos, como animales para que la población de las comunidades y otras partes interesadas pudiesen entender este tipo de proyecto. A continuación se muestra dichas imágenes.

Figura 5-4:





Fuente: entrevista del autor con Grupo Dragón, 2020



5.1.2.2 RESPUESTAS A PERCEPCIONES ERRÓNEAS TÍPICAS ACERCA DE LA GEOTERMIA

La geotermia es una fuente de energía todavía poco conocida en ALC, por lo que a menudo se rodea de muchas percepciones erróneas y preocupaciones por desinformación o desconocimiento. El desarrollador estadounidense Utah Forge, en colaboración con el gobierno y las universidades del mismo Estado, dedica en su página web¹³ una sección entera con material didáctico, videos explicativos y calendarios de eventos que permiten a cualquier persona interesada en el proyecto responder a sus dudas acerca y resolver percepciones erróneas y preocupaciones que pueden surgir por desconocimiento e información, ayudando así a disipar esas preocupaciones. (UtahForge 2020).

¿Causa temblores y sismos como los que ocurren en operaciones de extracción de petróleo?

"Es importante entender las diferencias entre operaciones de Sistemas Geotérmicos Mejorados (tecnología EGS por sus siglas en inglés) y las de producción de hidrocarburos. Cuando el petróleo y gas natural son producidos, el agua presente de manera natural en los mismos yacimientos se extrae junto con los hidrocarburos. En varios lugares el agua producida es reinyectada en pozos profundos dedicados para ese propósito. Si los pozos de inyección de agua residual no han sido diseñados correctamente, grandes volúmenes de agua inyectada pueden producir eventos sísmicos. En la implementación de sistemas tipo EGS, dos o más pozos son perforados en el mismo yacimiento y el agua se circula entre las rocas para ser calentada. El volumen de agua inyectada es similar al volumen de agua producida. Esta situa-

ción es diferente que los sistemas de producción de petróleo y gas natural ya que los fluidos son extraídos de un yacimiento, y son inyectados en otra zona diferente. El balance de volumen de agua inyectada y producida en sistemas EGS minimiza el impacto ambiental y reduce el potencial de terremotos causados por actividades humanas".

¿Causa terremotos y activa volcanes?

"Todos los sistemas geotérmicos experimentan cierto grado de actividad sísmica, pero en general es muy pequeña para ser percibido por los seres humanos. La actividad sísmica natural es el resultado de fracturas que son creadas en las rocas, lo cual mantiene canales de comunicación hidráulica abiertos para inyectar agua a la profundidad requerida, extraer el calor y ser retornada a superficie. Terremotos pequeños pueden ocurrir cuando se reinyecta agua fría, causando contracción y fracturas en las rocas".

¿Seca los pozos y reduce recursos de agua?

"La geotermia no usa agua dulce o subterránea de consumo humano, animal o vegetal para producir energía. El fluido que utiliza está muchísimo más profundo que el agua subterránea y dependiendo de la tecnología, se re-inyecta a su depósito original para mantener la presión, equilibrio y sustentabilidad de la planta. Una vez que el fluido se re-inyecta al reservorio, se vuelve a calentar con la temperatura interna de la Tierra y se puede usar una y otra vez para producir electricidad".

13 <https://utahforge.com/>



¿Empeora la calidad del aire?

"Lo que sale de las chimeneas de una planta geotérmica es vapor y no humo. La geotermia es uno de los sistemas de producción de energía más limpios, con casi cero emisiones de CO₂. Además, las plantas son compatibles con tierras agrícolas y turismo, y ocupan poco espacio. Durante su funcionamiento, el ruido que emiten es mínimo y los fluidos geotérmicos que contienen minerales se controlan para devolverse al reservorio".

¿Producir energía geotérmica es caro?

"Cuando se afirma esto, se hace referencia a los altos costos de inversión en la etapa inicial, es decir, para explorar la zona más apropiada para instalar una planta. Sin embargo, el costo de operación y mantenimiento, que finalmente impactan a los usuarios, es menor en comparación a las plantas de generación de energías convencionales"¹⁴.

¿Cuáles son los efectos negativos de la energía geotérmica?

"Los principales efectos negativos de la geotermia tienen que ver con molestias durante la construcción, y algunos ruidos y olores durante la operación. Todos son fácilmente mitigables y su impacto es despreciable frente a los enormes beneficios que trae consigo esta tecnología en que se refiere a aplicaciones eléctricas y usos directos de fluidos calientes".

¿La energía geotérmica solo genera energía eléctrica?

"La energía geotérmica se puede utilizar de muchas maneras además de la generación de energía eléctrica. Las aguas termales se pueden utilizar en spas o en balnearios o albercas, para calefacción de edificios e invernaderos, piscicultura (granjas de peces), secado de vegetales, y para derretir nieve. El uso directo y las bombas de calor ahorran la combustión de 100 millones de barriles de petróleo y son utilizados en 82 países alrededor del mundo".

¹⁴ Nota del Autor: Los costos de inversión de una planta geotérmica suelen estar en el entorno de US\$5 millones o MW instalado, mientras que los costos de operación y mantenimiento no pasan de los US\$300,000 anuales por cada MW instalado. De esta manera el precio final de la energía eléctrica geotérmica puede estar entre los US\$0.07 y los US\$0.15/kWh.



5.1.3 CONSULTAS

Los métodos de consulta deben adaptarse a la naturaleza del proyecto, al contexto local y las aportaciones, necesidades e intereses de las partes interesadas. Se pueden combinar diferentes formas de consulta y participación, como las que se presentan en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3:

Ventajas y Desventajas de Diversos Tipos de Consultas

TIPO DE CONSULTA/ PARTICIPACIÓN	POSIBLES VENTAJAS	POSIBLES DESVENTAJAS
Consulta pública o asambleas formales	<p>El proyecto puede tomar contacto con un gran número de partes interesadas (siempre y cuando se invite a representantes de cada grupo de partes interesadas)</p> <p>Todas las partes interesadas reciben la misma información y escuchan la misma discusión de primera mano</p> <p>Desde un punto legal, suele ser un requisito necesario en el proceso de consulta</p>	<p>Algunas personas podrían sentirse intimidadas entre tantos participantes y puede que no se atrevan a expresar su opinión</p> <p>Puede ser un reto garantizar que todos los participantes y autoridades se escuchen y respeten, ya que estos eventos suelen estar dominados por unos pocos individuos, más elocuentes o poderosos</p> <p>Realizar solamente eventos públicos formales no suele ser suficiente</p> <p>Si la consulta se celebra en el idioma de un grupo dominante como el español, los miembros de las comunidades indígenas, por ejemplo, que hablan una lengua diferente se encontrarán en una situación de desventaja</p>
Entrevistas semi-estructuradas	<p>Facilita el diálogo bidireccional y consulta directa</p> <p>Se puede ajustar la conversación a los temas que vayan surgiendo por parte de las partes interesadas</p> <p>Es más fácil establecer un vínculo de confianza</p> <p>Se puede proteger la confidencialidad de las personas si los asuntos tratados son particularmente delicados y en situaciones de tensión y conflicto, donde puede haber riesgo de represalias contra individuos o grupos</p>	<p>Las conversaciones por separado con individuos o pequeños grupos podrían dar pie a aumentar la probabilidad de intimidación, colusión o corrupción</p> <p>Solo representa la opinión de uno o un par de individuos por lo que no es representativo</p>



TIPO DE CONSULTA/ PARTICIPACIÓN	POSIBLES VENTAJAS	POSIBLES DESVENTAJAS
Talleres	<p>Muy útil para realizar actividades participativas y realimentar el proyecto con conocimientos de las personas locales; por ejemplo, se puede realizar un taller con representantes de la comunidad y de diferentes sectores sobre los servicios ecosistémicos, uso de tierras y medios de vida, entre otros</p> <p>Se puede utilizar la información proporcionada por los participantes para contrastar y verificar información que se haya recopilado durante el proceso de preparar la línea de base socio-económica o la evaluación de impactos del Estudio de Impacto Social y Ambiental</p>	<p>Los talleres suelen estar centrados en un tema en concreto por lo que es difícil tratar todos los impactos y beneficios del proyecto</p>
Grupos Focales (entre 5-15 personas)	<p>Los grupos focales son muy útiles para escuchar y entender la opinión e inquietudes de un grupo determinado de personas y establecer mejores relaciones con éstas. Por ejemplo, suele ser muy ventajoso organizar un grupo focal de mujeres ya que hay sociedades donde las mujeres rara vez hablan en presencia de los hombres.</p> <p>Este tipo de formato también se podrían involucrar a jóvenes, anciano/as, personas con discapacidad u otros grupos relevantes que quizá no estén adecuadamente representados en un contexto más amplio</p> <p>Los grupos focales se pueden adaptar al tipo de grupo, por ejemplo, si se realiza un grupo focal con representantes indígenas, el proyecto proporcionara un traductor de su lengua</p>	<p>Los grupos focales suelen estar centrados en un tema específico de interés para el grupo de partes interesadas en cuestión; sin embargo, se debe tener en cuenta que este grupo reducido de personas que participan en el grupo focal no representa la opinión de todas las partes interesadas o afectadas. Tampoco se suelen tratar todos los impactos y beneficios del proyecto, ya que suele haber un tema principal de interés</p>



TIPO DE CONSULTA/ PARTICIPACIÓN	POSIBLES VENTAJAS	POSIBLES DESVENTAJAS
Consultas a través de medios electrónicos (p.ej. consultas a través de e-mail, <i>WhatsApp</i> , <i>Zoom</i> , <i>Skype</i> , etc.) sobre todo como alternativa durante la pandemia global a causa del COVID-19	<p>Las partes interesadas pueden tener acceso inmediato a la hora o día que prefieran</p> <p>Evitan los desplazamientos y costes asociados con estos</p> <p>Durante la pandemia, se evitan los contagios por COVID-19</p>	<p>Déficit en la información del lenguaje no verbal lo cual puede llevar a malentendidos</p> <p>No todas las personas tienen acceso a Internet u otros medios electrónicos, por ejemplo, en comunidades en lugares remotos</p> <p>Es más difícil establecer un diálogo y construir un ambiente de confianza entre las partes interesadas y el Proyecto</p>
Visitas a la planta del proyecto	<p>En algunos proyectos, se han organizado visitas a las plantas geotérmicas por miembros de la comunidad e incluso escuelas para que las partes interesadas puedan experimentar y ver de primera mano el funcionamiento de una planta operativa</p> <p>Sirve como actividad educativa para entender mejor los impactos y beneficios del proyecto</p>  <p><i>Visita de una escuela al sitio de perforación de un proyecto geotérmico en Guadalupe (2012) (Dominica Geothermal Development, ESIA Volume 3: Social Impact Assessment, 2018)</i></p>	<p>Se deben tomar medidas de salud y seguridad y en ningún momento poner en peligro la integridad de los visitantes ni la de los trabajadores</p> <p>Es una actividad que no se puede realizar con todos los grupos ni muy a menudo</p>
Mesas redondas o reuniones con un sector específico, p. ej. con el sector de turismo	A través de mesas redondas o reuniones con un sector o grupo específico de partes interesadas, el Proyecto puede llegar a acuerdos y ajustar ciertos aspectos del proyecto según las aportaciones de estos grupos especializados en ciertos temas	Solo representa la opinión de un grupo o sector por lo que no es representativo

Fuente: Elaboración de ERM con información de la Guía del BID, sobre Consulta Significativa con las Partes Interesadas, 2017.



Todas las actividades de consulta deben considerar lo siguiente:

Programación:

Todas las formas de participación se realizarán oportunamente. Las invitaciones a las reuniones se distribuirán con anticipación (por ejemplo, las invitaciones deben recibirse al menos siete días antes de las actividades de participación), para asegurar que las partes interesadas tengan la oportunidad de participar sin interrumpir sus horarios personales. La programación de las reuniones de participación tomará en cuenta las restricciones de los interesados y los feriados locales, entre otros. Esta programación se llevará a cabo en consulta con las partes interesadas para asegurar su adecuación;

Ubicación:

Todas las actividades de participación se deben realizar en lugares de fácil acceso, y donde los participantes puedan llegar sin mayor dificultad, costo o tiempo de viaje. Estos lugares también deben estar libres de asociaciones políticas o de otro tipo, para que los interesados se sientan libres de participar abiertamente en el tema;

Adaptación cultural:

Todas las formas de participación de las partes interesadas en las actividades se diseñarán para satisfacer las necesidades de los interesados, a fin de garantizar que todos tengan la oportunidad de participar libre e informalmente;

Idioma:

En todos los casos, las actividades se realizarán en el idioma/s del lugar utilizando terminología simple (no técnica) y concisa y herramientas de comunicación efectivas (incluidas alternativas verbales, basadas en imágenes u otro formato escrito). El Proyecto proporcionará un traductor, en caso que existan otras lenguas locales, como una lengua indígena local. En consecuencia, todos los participantes tendrán la oportunidad de comprender la información del proyecto y participar activamente en las discusiones;

Grabación y retroalimentación:

Todas las actividades de participación grupal pueden ser grabadas en vídeo, con el consentimiento de los participantes y siempre que esto no comprometa la seguridad de los involucrados en el evento. Esto asegurará la transparencia de los procesos de consulta y permitirá verificar la solidez del proceso. Todas las actividades y procesos de consulta deben ser bien documentadas, manteniendo registros de las actividades (por ejemplo, con una base de datos que incluya asistentes, fecha, lugar y temas tratados), evidencia fotográfica, listas de asistencia, minutas, vídeos o grabaciones (con la autorización de los participantes), copias de la información proporcionada (como folletos o presentaciones PPT).



A pesar de todos los esfuerzos de participación y consulta transparente que haga un proyecto, es importante tener en cuenta que es poco probable que las opiniones de las partes interesadas sean homogéneas o unificadas (BID, 2017). Por lo tanto, no es realista esperar que un proyecto tenga un apoyo al 100% y esto no es un problema si se gestiona bien desde un principio. El acuerdo o el consentimiento por parte de una comunidad o un grupo de partes interesadas, no significa que no habrá opiniones opuestas entre algunos. Es posible que las comunidades lleguen a una visión colectiva que todos o la mayoría de los miembros conside-

ren legítima, pero también es factible que otras comunidades permanezcan divididas en sus opiniones sobre el proyecto y su propio rol. En esas situaciones, debería buscarse una mediación entre las diferentes facciones para llegar a acuerdos. Se pueden involucrar a terceras partes confiables para mediar, como, por ejemplo, los líderes del lugar, los ancianos o representantes de ONG fiables y creíbles (BID, 2017). Debe seguirse un principio de negociación de buena fe, es decir sin defraudar o abusar de la confianza del otro, guardando la fidelidad a la palabra dada y cuando ambas partes son colaboradoras y solidarias.

Miravalles, Costa Rica: una consulta que genera una relación de confianza con la comunidad local

Si se llevan a cabo consultas adecuadas y se involucran a las partes interesadas desde una fase temprana y durante todo el proceso del proyecto, la comunidad y otras partes interesadas terminan por convertirse en aliados de los proyectos. Por ejemplo, en el caso del proyecto geotérmico en Miravalles, Costa Rica, el cual lleva 26 años de operación, se destacó que *"El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) es la comunidad, y la comunidad es el ICE"*. Tras años de participación ciudadana, muchos miembros de la comunidad se han involucrado en el proyecto y se han convertido en colaboradores fundamentales, incluso clientes y proveedores del ICE. Sin embargo, esto no se consigue de un día para otro: las consultas con partes interesadas son aún más necesarias cuando éstas están en contra del proyecto. Por ejemplo, el Proyecto Geotérmico Las Pailas se encuentra en un área donde está el área de conservación en Guanacaste, un área designada como patrimonio de la humanidad por la UNESCO. La ONG, *Guanacaste Dry Forest*, una organización ambiental y de conservación, cuando se decidió construir el proyecto, mostró mucha oposición sobre el impacto al área silvestre protegida. Estaban preocupados que el ICE no protegiese el parque natural. En ese momento, se decidió establecer mesas de diálogo. En estas mesas de diálogo entre el ICE y miembros de la ONG, se dio a conocer el diseño del proyecto y la ONG tuvo la oportunidad de hacer comentarios al diseño, participar en el estudio de evaluación de impactos y tuvo libertad para entrar en el proyecto y participar en estudios complementarios. Los resultados fueron muy satisfactorios para ambas partes, y las propuestas permitieron reducir los impactos del proyecto.

Fuente: Entrevista del autor realizada con el equipo de Grupo ICE, noviembre 2020



5.1.3.1 CONSULTAS VIRTUALES

Debido a la pandemia global por la presencia del COVID-19 durante 2020 y 2021, muchos proyectos tuvieron que buscar alternativas para realizar acercamientos y consultas públicas con las comunidades durante los periodos de restricciones de viajes. El BID apoyó a los proyectos a realizar procesos de consulta pública de manera virtual para mantener la generación de empleo e impulsar la reactivación económica de los países. *"Las consultas públicas virtuales se diseñaron con el objetivo de socializar el proyecto con las comunidades o partes interesadas y afectadas de manera virtual"* (Caldo et al, 2020). El BID, a través de su Unidad de Soluciones Ambientales Y Sociales, ha publicado una nota técnica brindando orientaciones para la realización de consultas virtuales durante la pandemia del COVID-19, dirigida a agencias de gobierno y Unidades Ejecutoras de Proyecto (Martínez y Rojas, 2020).

- El BID recomienda utilizar herramientas tecnológicas fáciles y amigables, de acceso a la mayoría de la población, como, por ejemplo:
- Grupos de WhatsApp con los actores identificados para cada consulta;
- Elaboración de material de apoyo a las consultas, como volantes y anuncios de radio en los diferentes idiomas según el área y contexto del proyecto;
- Realizar convocatorias de consultas públicas a través de las páginas oficiales de los proyectos, o cuentas oficiales de Facebook y Twitter;
- Coordinar con los municipios involucrados para que lo difundan a través de sus cuentas sociales (Facebook, Twitter, etc.);
- Crear enlaces de acceso a la información (documentos relativos al proyecto o las consultas públicas virtuales) en la página web de los proyectos;
- Comunicación telefónica y correo electrónico con las partes interesadas;
- Habilitar canales para seguir recibiendo consultas e inquietudes después de la consulta pública virtual;
- Respetando las medidas contra el contagio del COVID-19, se pueden habilitar en cada municipio un espacio físico donde se retransmita en vivo el proceso de consulta para aquellas personas que carezcan de conexión a internet (Caldo et al, 2020).



Nevis: Consultar virtualmente de manera durante la crisis sanitaria del Covid-19, retos y éxitos.

Saint Kitts y Nevis es una nación de dos islas en el Caribe donde existe un gran potencial para el desarrollo de energía geotérmica que ayude a reducir los costos de la electricidad y aumentar la seguridad de suministro (Gischler et al, 2017). Para avanzar con el proyecto de desarrollo geotérmico en Nevis y cumplir con los requisitos del potencial financiamiento del BID y el Banco De Desarrollo del Caribe (CDB), en 2020 ERM realizó un EIAS complementario para el Desarrollador del Proyecto. Aunque el Proyecto ya había realizado actividades de participación ciudadana en 2017, el BID y el CDB requerían otro evento público más actual y que llevara en consideración los cambios en el proyecto y los resultados de los nuevos estudios.

Relacionamiento con las partes interesadas: Se había programado un viaje a Nevis en marzo de 2020, pero se canceló debido a la pandemia del COVID-19. Por lo tanto, se adaptó la estrategia de relacionamiento para realizarlo de manera virtual. Se preparó una lista de partes interesadas con información de contacto basada en búsquedas online y conversaciones con el Desarrollador del Proyecto. Inicialmente, se llamó a las partes interesadas y dejó mensajes de voz a quienes no contestaron, explicando la razón de la llamada. Esta estrategia tuvo una tasa de éxito baja, con solo cuatro respuestas. Comunicarse por teléfono resultó ser más difícil de lo esperado. Como no había acceso a líneas de teléfono fijo por estar fuera de las oficinas, se tuvo que llamar a través de Skype el cual aparece como un número oculto en el identificador de llamadas, lo que hacía imposible que las partes

interesadas devolviesen la llamada. Además, se había supuesto que las partes interesadas preferirían una conversación telefónica informal, pero resultó que muchos preferían poder responder y proporcionar comentarios por correo electrónico. Por lo tanto, se cambió de estrategia y se envió correos electrónicos a las partes interesadas con preguntas personalizadas sobre el Proyecto y espacio para comentarios adicionales. Esta estrategia tuvo más éxito y dio lugar a respuestas de aproximadamente 15 organizaciones y particulares. En algunos casos, las partes interesadas compartieron el correo electrónico con otros grupos, lo que resultó ser positivo para los esfuerzos de relacionamiento. Por último, se descubrió que para las partes interesadas que no habían respondido ni a la llamada telefónica ni al correo electrónico, fue muy eficaz solicitar una presentación virtual de parte de alguien local. Haciendo uso de las relaciones que ya se habían creado con algunas partes interesadas y de los empleados locales del desarrollador del proyecto, se consiguió recibir respuestas de varias partes interesadas clave. Al final, utilizando la combinación de métodos descrita, hubo comunicación con más del 90% de la lista de partes interesadas.

Consulta con las partes interesadas: El EIAS complementario se finalizó y el Desarrollador del Proyecto quedó planificando una actualización pública virtual del proyecto. Algunos aspectos típicos del proceso de consultas se mantuvieron para la preparación de este evento, como la preparación de anuncios para periódicos, presentaciones en PowerPoint y folle-



tos informativos, pero asesoró al Desarrollador del Proyecto sobre las diferentes opciones de software que existen para realizar la consulta virtual. Las partes evaluaron los pros y los contras de diferentes métodos como Facebook Live, Youtube, Zoom y la radio local. También se evaluaron nuevas consideraciones para eventos virtuales, cómo moderar los comentarios, cómo garantizar que el público pueda acceder al evento, y cómo maximizar las oportunidades para que el público pueda unirse con un componente visual y no solo con audio, entre otros

aspectos. Con reuniones virtuales, personas de cualquier parte pueden participar, incluso aquellos que no son actores locales y que podrían tomar demasiado espacio en la discusión, disminuyendo la posibilidad de participación de las personas afectadas o beneficiadas por el proyecto. La estrategia de consulta virtual debe llevar en cuenta consideraciones como esta, y buscar opciones como dos reuniones, una de ellas utilizando restricción geográfica de modo a proteger la participación de actores locales.

“Este es un paso importante para mejorar el liderazgo de San Cristóbal y Nieves en los impactos transformadores de la nueva economía mundial post-combustibles fósiles. El Proyecto Geotérmico de San Cristóbal y Nieves creará un mayor crecimiento económico, reducirá los costos de energía, aumentará el empleo y creará nuevas oportunidades económicas para las empresas locales” (Hon. Mark A. Brantly, Vice Primer Ministro de San Cristóbal y Nieves).

Fuente: ERM, fotografía y cita del Vice Primer Ministro obtenido en <<https://www.cleanpowernevis.com/project>>

5.1.4 MECANISMO DE QUEJAS Y RECLAMOS

El Mecanismo de Quejas y Reclamos (MQR) consiste en una herramienta de retroalimentación transparente para la resolución de quejas y dudas que puedan surgir entre las diversas partes interesadas. Se requiere un MQR cuando existe el riesgo de impactos potenciales adversos, pero es buena práctica siempre tener uno. Cabe destacar que los proyectos normalmente cuentan con dos MQR, uno interno para sus trabajadores y contratistas y otro para las partes interesadas externas; sin embargo, el proceso es similar.

- El objetivo del MQR es que las partes interesadas puedan retroalimentar a los proyectos a partir de sus inquietudes, percepciones, intereses y necesidades. En este sentido, el MQR podrá ser utilizado para el mejoramiento continuo de algunos aspectos de los proyectos geotérmicos, tal como apoyar en la resolución de conflictos, manifestaciones, dudas y reclamos de las partes interesadas, además de:
- Ofrecer a las partes interesadas un proceso de atención efectiva y eficiente ante sus sugerencias, consultas y/o reclamos, basado en la transparencia y valores éticos, así como en la legislación donde se ubique el proyecto y las mejores prácticas internacionales.



- Establecer una metodología que asegure que los temas sean tratados de forma confidencial, resguardando la identidad del solicitante, y la identidad anónima si así lo prefiere el o la demandante.
- Complementar y reforzar el proceso de relacionamiento comunitario.
- Garantizar un plazo de respuesta oportuno.
- Asegurar la existencia de diferentes canales para la recepción y comunicación de las sugerencias, consultas y/o reclamos, como también enfoques en la resolución.
- Disponer de herramientas de control para el seguimiento del mecanismo de queja y registro de la documentación.

EL MQR DEBE ESTAR BASADO EN LOS SIGUIENTES PRINCIPIOS:



PROPORCIONAL:

El Mecanismo tendrá en cuenta de manera proporcional el nivel de riesgo y los posibles impactos negativos de la geotermia en las zonas afectadas.



ACCESIBLE:

El Mecanismo está diseñado de una manera clara y sencilla para que sea comprensible para todas las personas. No habrá ningún costo relacionado con el uso del mismo.



CONFIDENCIAL:

Se respetará la confidencialidad de la denuncia. La información y los detalles sobre una denuncia confidencial sólo se comparten de manera interna, y tan sólo cuando sea necesario informar o coordinar con las autoridades.



INCLUSIVO:

El Mecanismo será equitativo y en ningún momento se discriminará a las personas o grupos demandantes por su género, religión, edad, origen étnico, discapacidad y orientación sexual, entre otras.



CULTURALMENTE APROPIADO:

El Mecanismo está diseñado para tener en cuenta las costumbres locales de la zona, además de los idiomas locales.



ANÓNIMO:

El demandante puede permanecer en el anonimato, siempre y cuando no interfiera con la posible solución a la queja o problema. El anonimato se distingue de la confidencialidad en que es una denuncia anónima, no se registran los datos personales (nombre, dirección) del demandante.



TRANSPARENTE:

El proceso y funcionamiento del Mecanismo es transparente, previsible, y fácilmente disponible para su uso por las partes interesadas.



El procedimiento se inicia con la presentación del reclamo (de manera oral o escrita) por el demandante. El proceso termina con el cierre y la conformidad en la resolución de ambas partes (el demandante y el proyecto). Para recibir los reclamos, el proyecto tiene que ofrecer varias opciones o canales de recepción que no supongan un coste a la persona que presenta la queja, por ejemplo:

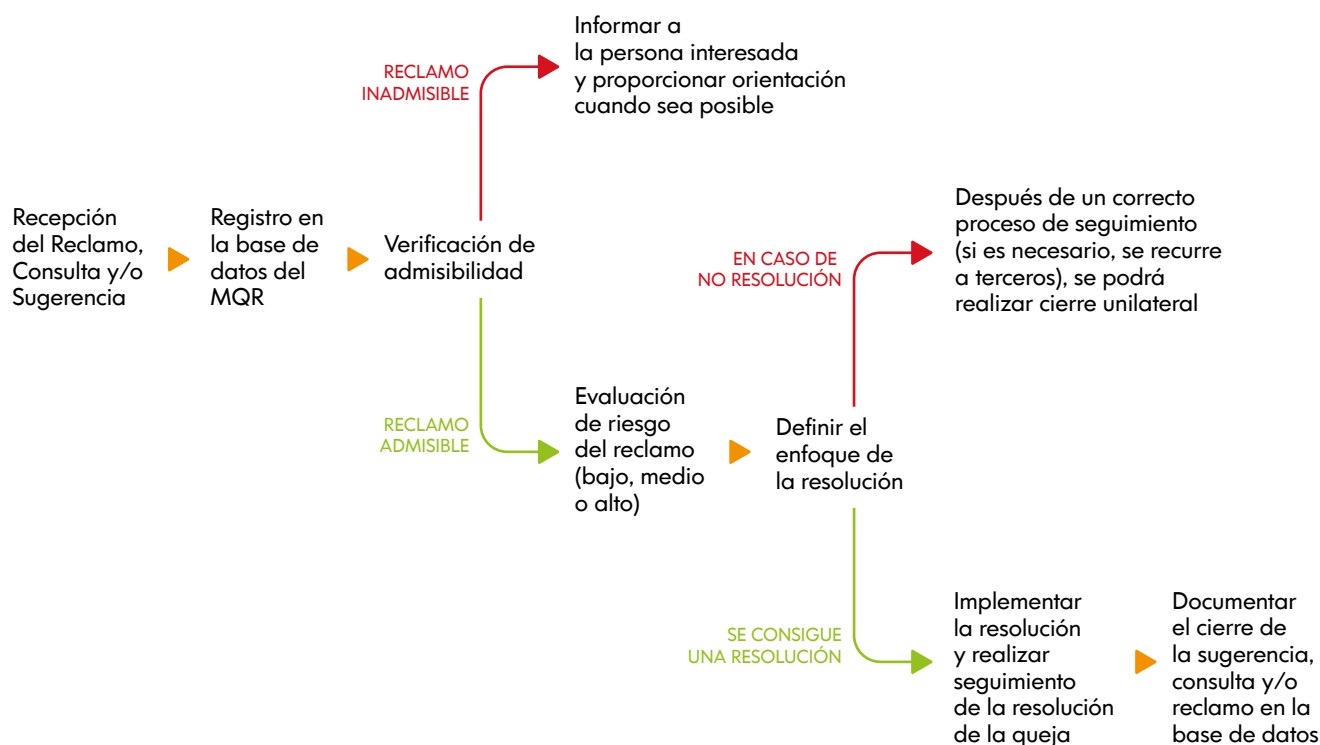
- Oficina de relaciones comunitarias
- Línea de teléfono
- Número de WhatsApp
- Correo electrónico
- Buzones
- Página web

La Figura 5-5 ilustra los pasos del procedimiento general de un MQR.

Figura 5-5:

Procedimiento General de un Mecanismo de Quejas y Reclamos

COORDINADOR DE RELACIONES CON LA COMUNIDAD (EN CASO DEL MQR EXTERNO)



Fuente: Elaborado por ERM, 2020



Se considerarán inadmisibles los reclamos que no tengan relación evidente con las actividades del proyecto en cualquiera de sus ciclos, aquellos que no cuenten con evidencias suficientes de la situación denunciada o cuando se pueda comprobar que la afectación es anterior al inicio de las operaciones y actividades relacionadas con el proyecto geotérmico.

Otro paso importante es la categorización del riesgo de la queja para su gestión adecuada, se distinguen tres niveles:

RIESGO BAJO:

Esta categoría corresponde a las quejas que no requieren resolución, sino que sólo requieren información o una cierta clarificación que debe facilitarse al demandante. Esta categoría incluye quejas que han sido previamente evaluadas y recibieron una respuesta definitiva del proyecto.

RIESGO MEDIO:

Las quejas y reclamaciones relacionadas con la salud, el medio ambiente, el transporte, los contratistas y subcontratistas.

RIESGO ALTO:

Incluye las quejas relacionadas con la seguridad del personal o de la comunidad, así como de aquellos relacionadas con la salud y seguridad.

El proyecto debe difundir el MQR y explicar a las partes interesadas cómo funciona. Además, deberá establecer y cumplir con un plazo determinado de atención, respuesta y resolución de la queja por cada nivel de riesgo; teniendo en cuenta que, si el riesgo es mayor, el tiempo de resolución deber ser menor e incluso inmediata en algunos casos para evitar accidentes o conflictos. El proceso deberá documentarse de manera detallada en una base de datos para poder hacer seguimiento y monitoreo de las quejas. En ocasiones surgen quejas recurrentes, por lo que monitorear y hacer seguimiento de las quejas es esencial.

Campo Geotérmico Domo San Pedro, México: Gestión de quejas por malos olores

Una queja recurrente, especialmente para los proyectos de geotermia es el olor a ácido sulfhídrico, que, aunque sea en cantidades mínimas, puede detectarse por su característico olor a huevo podrido. No se identificó un impacto a la salud, solo olor, pero es un impacto constante por lo que han recibido muchas quejas sobre este tema. En ocasiones, las partes afectadas asocian el olor con impactos de salud, como dolores de cabeza y problemas estomacales, especialmente cuando los olores aumentan. Para este caso, el desarrollador del proyecto organizó reuniones con autoridades locales para hacer campañas en conjunto sobre los impactos de salud reales y desmentir estas supuestas presunciones. Asimismo, se hicieron estudios en la etapa de diseño para conocer las corrientes de aire y vientos predominantes de la zona para tener el menor impacto posible sobre la población en cuestión del olor.

Fuente: entrevista del autor con Geodesa, 2020



5.2 CONSULTA Y PARTICIPACIÓN PARA POBLACIÓN INDÍGENA

Existen más de 400 pueblos indígenas (entre 40 y 50 millones de personas) en América Latina y el Caribe que son cultural y lingüísticamente diversos (BID, 2020). A pesar de su riqueza cultural, los pueblos indígenas representan a los segmentos más pobres de la región y reciben una carga desproporcional de los impactos negativos del cambio climático (BID, 2020). Los derechos de los pueblos indígenas están reconocidos a nivel mundial por leyes internacionales como el Convenio 169 de la Organización Internacional de Trabajo (OIT) sobre pueblos indígenas y tribales (1989) y la Declaración de las Naciones Unidas (ONU) sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas (2007).

El BID pone énfasis tanto en la gestión del riesgo y los impactos adversos potenciales, como en promover oportunidades para los pueblos indígenas (BID, 2017). El BID reconoce el incomparable papel de los pueblos indígenas como participantes en el desarrollo de la región y busca crear condiciones en las cuales los pueblos indígenas puedan desarrollarse en armonía con su entorno mediante el uso de su potencial cultural, natural y social conforme a sus propias prioridades (BID, 2020b). Para ello es necesario establecer un diálogo significativo con los grupos indígenas. En la sección sobre Promoción del desarrollo con identidad, la política del BID indica que *"el Banco realizará estudios participativos de diagnóstico y promoverá la inclusión de las conclusiones y recomendaciones correspondientes al diseño de proyectos, programas y cooperaciones técnicas"*. Asimismo, la política establece que:

"En el caso de impactos potenciales adversos particularmente significativos, que impliquen un grado de alto riesgo para la integridad física, territorial o

cultural de los pueblos o grupos indígenas involucrados, el Banco requerirá y verificará, además, que el proponente demuestre haber obtenido, mediante procesos de negociación de buena fe, los acuerdos sobre la operación y las medidas de manejo de los impactos adversos para respaldar, a juicio del Banco, la viabilidad socio cultural de la operación".

El BID exige un mínimo de dos rondas de consultas con las comunidades indígenas independientemente de si la operación es un proyecto de Categoría A o B (BID, 2017).

El BID utiliza tres criterios (BID, 2017) para considerar a comunidades o personas indígenas en el contexto específico de un proyecto:

- Son descendientes de poblaciones que habitaban en América Latina y el Caribe en el momento de la conquista o colonización.
- Independientemente de su condición legal o su residencia actual, conservan parte o todas sus instituciones y prácticas sociales, económicas, políticas, lingüísticas y culturales.
- La adscripción o auto-adscripción, es decir, se auto-identifican como pertenecientes a culturas o pueblos indígenas o pre-coloniales.

Según la OIT 169, Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, las poblaciones indígenas deberán ser consultadas independientemente del tamaño del proyecto.

Durante las etapas de preparación e implantación de un proyecto, el promotor deberá:

- Realizar una evaluación para identificar a los afectados indígenas, y si es necesario contratar a profesionales para identificar los afectados indígenas.



- Identificar a sus representantes legítimos y los procesos internos de toma de decisión, tanto los mecanismos formales como los informales, por ejemplo, asambleas, jefe o consejo de ancianos.
- Llevar a cabo un proceso de consulta, culturalmente adecuada, que sea sensible a las diferentes dinámicas de los pueblos indígenas afectados, con un formato y lenguaje comprensibles para ellos, y establecer un tiempo suficiente para que diferentes grupos participen en el proceso interno de toma de decisiones para poder llegar a conclusiones que sean consideradas legítimas por la mayoría de los participantes y ser validadas por los sistemas tradicionales.
- Considerar y documentar las necesidades de los miembros con menos participación en los procesos de la comunidad.
- Implementar medidas y formación para eliminar barreras para que puedan acceder a los beneficios del proyecto y recursos.
- Proporcionar a los pueblos indígenas apoyos para identificar los derechos a una compensación y a un debido proceso en el marco del proyecto.
- Llegar a acuerdos colectivos, guardando su gobernanza, mediante negociaciones de buena fe: consentimiento libre, previo e informado (CLPI). Es importante documentar el acuerdo alcanzado y verificar que todas las partes lo entienden y lo consideran legítimo. Se recomienda hacerlo por escrito para evidenciarlo¹⁵. Mantener un diálogo bidireccional continuo con las comunidades indígenas

y sus representantes durante todas las etapas del proyecto; y ofrecerles un acceso fácil al MQR (p. ej. situando buzones de reclamos en sus comunidades y distribuir folletos sobre el MQR en sus lenguas indígenas).

- Monitorear los acuerdos acordados, las inquietudes y percepciones de las comunidades indígenas hacia el proyecto.

Fuente: Desarrollado con información de la Guía del BID, 2017

Los impactos de un proyecto geotérmico pueden tener diferentes significados para los pueblos indígenas y para los planificadores del proyecto, incluyendo los impactos sociales, culturales y espirituales. Mientras que los promotores del proyecto y el gobierno habitualmente perciben el proyecto como un beneficio, a las comunidades locales y pueblos indígenas les puede preocupar que también traiga más mano de obra ajena, enfermedades, que afecte el uso de los recursos geotérmicos u otro tipo de amenazas.

En algunas partes del mundo las aguas termales naturales son una parte central de culturas indígenas y se han utilizado con fines medicinales. Por ejemplo, para la cultura maorí en Nueva Zelanda las piscinas termales tenían *kaitiaki* (guardianes) espirituales y eran fundamentales para rituales importantes. Las cálidas aguas de *waiariki* (grandes piscinas para bañarse) y *ngāwhā* (piscinas desbordantes) se utilizaron para lavarse, relajarse y para tratar enfermedades como las afecciones cutáneas y el reumatismo. Las piscinas de ebullición se usaban para cocinar y para preparar lino para tejer (www.teara.govt.nz).

¹⁵ Los tipos de impactos que requieren acuerdos son aquellos que tienen la potencialidad de amenazar elementos clave de la viabilidad del conjunto de la comunidad. El CLPI se requiere en proyectos con reasentamiento involuntario de pueblos indígenas; proyectos que tengan impactos significativos en las tierras y los recursos naturales tradicionalmente utilizados por la comunidad; y que puedan producir impactos importantes en el patrimonio cultural crítico, tanto tangible como intangible.



Geotermia e hidrógeno verde en Nueva Zelanda: liderazgo indígena en los desarrollos geotérmicos, la creación de empleo y la promoción de la innovación

En Nueva Zelanda, la comunidad Maorí forma el 15.4% de la población del país. Los Maoríes tienen garantizado el ejercicio de sus derechos y costumbres bajo el Tratado de Waitangi, firmado en 1840 con la corona británica, y en el marco del cual han podido desarrollar una floreciente economía. Ésta se estima en unos NZ\$50 mil millones enfocados en actividades de explotación forestas, piscicultura, ganadería y otras actividades agroindustriales. Esta actividad económica está muy unida también a la filosofía Maorí por la cual los negocios no están solo motivados por las ganancias financieras, sino que deben tener un fuerte componente de sostenibilidad de los recursos para las generaciones futuras y un impacto social beneficioso en las comunidades. Así, la comunidad Maorí ha creado diversos fondos de inversión (por ejemplo North Number Two Trust -TN2T, o Tuaropaki Trust) que han encontrado en la geotermia una tecnología que encaja muy bien con su visión de largo plazo e impacto comunitario, la cual provee ingresos que luego pueden ser redirigidos a la diversificación de actividades productivas. El fondo TN2T es propietaria de la planta geotérmica de generación eléctrica Nga Awa Purua (NAP), de 158MW, cuyos beneficios de NZ\$6 millones anuales son redirigidos a programas de desarrollo incluyendo salud, educación, deportes y otros servicios. En Nueva Zelanda la comunidad Maorí lidera también el desarrollo de industrias con aplicaciones directas geotérmicas, particularmente para secado de madera, acuicultura, procesamiento de leche y actividades turísticas, generando más de 800 empleos directos. En el caso del Tuaropaki Trust, es la comunidad Maorí la que está liderando la innovación geotérmica en el país. En asociación con la japonesa Obayasi Corporation, han desarrollado un piloto de producción de hidrógeno verde asociado a la planta geotérmica de Halcyon (en Mokai), instalando un electrolizador de 1.5MW. Esta planta se espera que pueda producir 250m³ de hidrógeno anualmente y se ha convertido en un referente internacional para las posibilidades que la geotermia puede traer en la transición hacia un modelo energético más limpio.

Además, muchos pueblos indígenas mantienen una conexión espiritual con el agua como parte integral de su cultura. *“Su vivencia de los ciclos estacionales y su visión de la naturaleza han hecho del agua un elemento de características divinas, sujeto de veneración y respeto el cual hay que cuidar porque la supervivencia individual y comunal depende de su presencia. Para los pueblos indígenas, el agua es un ser vivo, con el cual se habla, al*

cual se le expresa afecto y se espera de esta forma merecer sus beneficios. El agua es la savia vital, la “sangre de la tierra” que permite la repetición de la vida y es vínculo de unión, motivo de trabajo conjunto y creador de reciprocidades” (FILAC, 2020). En muchos países de América Latina y el Caribe, el agua es la base fundamental para el sustento local y la seguridad alimentaria. Debido a esta conexión espiritual con el agua, para los pueblos



indígenas la seguridad al acceso al agua y a los medios para manejar los sistemas hídricos son de suma importancia (FILAC, 2018).

Una de las preocupaciones que pueden surgir, especialmente entre los pueblos indígenas si estos se ven afectados por el proyecto, es que

las plantas de energía geotérmica secarían los pozos y reducen los recursos de agua. Esta percepción errada se puede desmentir a través de información clara y transparente sobre el funcionamiento de la planta, sus impactos potenciales y beneficios.

Cerro Pabellón, Chile: Un caso de éxito en la gestión con las comunidades indígenas

Para Cerro Pabellón en Chile, el proyecto llevó a cabo un proceso de consulta y negociación que duró entre seis meses y un año con seis comunidades indígenas del área de influencia del proyecto. Estas comunidades indígenas tienen una conexión con los elementos naturales, especialmente con los pozos de agua. Por ello, se organizaron mesas de trabajo desde una etapa muy temprana para explicar lo que es la geotermia y realizar las consultas con cada una de las comunidades. Fue ventajoso colaborar con representantes de una universidad local, quienes tomaron el papel de parte neutral en las mesas de trabajo. Se hizo hincapié en explicar de forma muy simple y gráfica la energía geotérmica, así como registrar todas las preocupaciones acerca de los impactos potenciales. Una de las preocupaciones principales que expresaron los representantes de las comunidades indígenas giró en torno a la seguridad de la infraestructura de la planta, las emisiones y la etapa de construcción con todo lo que esto implica (como aumento de transporte y maquinaria pesada). Algunas de las claves del éxito del proyecto según el equipo de ENEL fue ser completamente transparente con todas las partes interesadas, incluyendo las comunidades indígenas, desde el principio. Además, se involucraron a personas de las comunidades indígenas a realizar actividades de monitoreo ambientales participativos para ver de primera mano todos los estudios que se llevaban a cabo, así como los resultados del monitoreo. El proyecto también organizó varios eventos de ofrendas para rendirle tributo a la *Pachamama* (Madre Naturaleza o Madre Tierra, diosa venerada por los pueblos indígenas de los Andes) con las comunidades indígenas en diferentes momentos, incluyendo en el área del campamento de trabajadores.

Fuente: Entrevista realizada del autor con el equipo de ENEL sobre Cerro Pabellón, noviembre de 2020



5.3 ADQUISICIÓN DE TIERRAS Y REASENTAMIENTO INVOLUNTARIO Y LA IMPORTANCIA DEL PROCESO DE CONSULTA

A pesar de que el área de terreno que se requiere para las plantas geotérmicas por megavatio es menor que otros tipos de plantas, puede existir la necesidad de adquirir tierras o producir cambios en el uso de la tierra, lo que puede provocar un desplazamiento físico o económico en las poblaciones afectadas. Los objetivos de las políticas del BID, al igual que otras entidades de financiamiento sostenible, son evitar y minimizar estos desplazamientos e impactos en la medida de lo posible (BID, 2017). Por lo tanto, el proyecto *“debería compensar y ayudar a las personas afectadas para garantizar que no sufran una reducción del valor de sus bienes, de sus medios de vida o de su bienestar”* (BID, 2017).

Grupo Enal, México: conocer previamente la propiedad de los terrenos afectados

Una de las preocupaciones recurrentes de las comunidades en proyectos de geotermia es la afectación al agua y a la tierra. Algunos proyectos en ALC han destacado la importancia de la comunicación continua y temprana enfocada en explicar la geotermia, el calor residual, los impactos o ausencia de estos a la tierra y el agua, desmentir las percepciones erróneas y sobre todo hablar sobre los usos directos de esta. Asimismo, proyectos como el del Grupo ENAL en México, resaltaron la importancia de realizar estudios específicos de mercado de tierras y terrenos antes de elegir la ubicación del proyecto para identificar que tan interesada estaba la gente en vender sus tierras. En el caso de este proyecto, muchos de los terrenos se encontraban en un parque industrial por lo que los propietarios estaban dispuestos a vender las tierras a precios competitivos.

Fuente: entrevista del autor con Enal, 2020

La participación de las personas y comunidades afectadas por el proceso de adquisición de tierras y/o reasentamiento involuntario es central tanto para evitar oposición al proyecto cuanto para garantizar que los impactos van a ser reconocidos y debidamente mitigados o compensados. El proceso de consulta en este contexto es intenso y continuado, estando involucrado a todos los pasos del reasentamiento mismo o del proceso de adquisición de tierras.

Para un reasentamiento exitoso de las poblaciones desplazadas se debe tener en cuenta:

- Los aportes de las partes interesadas para generar una contabilidad más precisa del valor real de la pérdida de tierras y otros bienes.
- La pérdida de medios de vida y oportunidades de ingresos, por ejemplo, de agricultores o campesinos que pierdan terreno de sus granjas.



- Los grupos vulnerables, quienes suelen tener una resiliencia mucho menor que las personas con recursos y que requieran un apoyo específico y adicional para garantizar que pueden recuperarse del desplazamiento.
- Las personas afectadas que no tienen un título formal de propiedad, por ejemplo, a personas que tienen la propiedad colectiva de la tierra, como en el caso de muchos pueblos indígenas; a inquilinos; a migrantes y personas que ocupan tierras informalmente.
- El Consentimiento libre, previo e informado (CLPI) si hay reasentamiento involuntario de pueblos indígenas, impactos significativos en las tierras y los recursos naturales tradicionalmente utilizados por la comunidad; y que puedan producir impactos importantes en el patrimonio cultural crítico, tanto tangible como intangible.

Geoplatanares, Honduras: La importancia del registro de los documentos de tierras

En otros casos, como en el proyecto de Platanares en Honduras, aunque la comunidad en general esté a favor del proyecto, pueden surgir situaciones difíciles de manejar, especialmente ligadas a los impactos a tierras cuando suceden cambios de propietario, en ocasiones por defunción. Por ejemplo, se le compraron tierras a una persona para el derecho de paso de la línea de transmisión del Proyecto, se documentó el proceso con un abogado y se llegó a un acuerdo para pagarle el 50% en ese momento y el otro 50% cuando presentase los documentos en regla (ya que en ese momento estaban a nombre de una persona que había fallecido). Ambas partes estaban de acuerdo, pero cuando el proyecto quiso pasar por las tierras, el nuevo propietario afectado no les permitió el paso. Sin embargo, como el proyecto había realizado todo el proceso formalmente pudieron justificar el paso legalmente con el nuevo propietario. Este ejemplo ilustra la importancia de llevar a cabo acuerdos formales con la documentación adecuada, así como realizar un seguimiento efectivo de los procesos de negociaciones con los afectados, especialmente cuando existan procesos de adquisición de tierras o resentimiento involuntario.

Fuente: entrevista del autor con Geoplatanares, 2020

"El reasentamiento involuntario es casi siempre una experiencia traumática para los afectados. Por lo tanto, es sumamente importante establecer relaciones con las personas, hogares y grupos potencialmente afectados a la brevedad posible y de una manera sensible y transparente" (BID, 2017).

Algunos de los temas a los que hay que prestar particular atención en el proceso de consulta relacionado con el reasentamiento son:

- Alternativas de diseño
- Plazos de relocalización



- Mecanismos de compensación y asistencia
- Opciones y alternativas para compensación y asistencia
- La dinámica dentro del hogar (tener en cuenta las diferentes opiniones de hombres y mujeres)
- Evaluación de riesgos y beneficios de las opciones de apoyo y compensación
- Proceso de consulta adecuada a cada etapa del proyecto
- Proceso de consulta también con las comunidades receptoras si se relocaliza a familias o comunidades a otros lugares
- Transferencia de tierra voluntaria: debería realizarse con las personas que venden o entregan sus tierras para garantizar que esto se haga voluntariamente
- Acuerdo documentado para los casos de reasentamiento que afectan a pueblos indígenas
- Mecanismo de quejas y reclamos para que todos los aspectos del proceso de reasentamiento se puedan discutir y abordar a través del mecanismo

San Vicente y las Granadinas: Caso de éxito de gestión con tierra por tierra

Otro proyecto en el que se realizó un proceso de reasentamiento, es el de San Vicente y las Granadinas. Según los desarrolladores del proyecto, se quiso hacer un proceso de reasentamiento “*de libro*”, según lo recomendado por las mejores prácticas internacionales (por ejemplo, incluyendo evaluación de valor de mercado, mecanismos de compensación, proceso de consulta y mecanismo de quejas y reclamos). En este caso el Gobierno de San Vicente y las Granadinas también quiso involucrarse y tomar un papel central en el proceso. El proyecto colaboró de cerca con el Gobierno para llegar a un acuerdo sobre el proceso de reasentamiento, y al final se acordó compensar “*tierra por tierra*”. Aunque fue un proceso que no afectó a un gran número de personas (4 reasentamientos físicos y aproximadamente 11 desplazamientos económicos), fue clave trabajar de cerca con el Gobierno y mantener una comunicación continua con las partes afectadas. Durante este tipo de procesos, pueden surgir obstáculos a lo largo de las negociaciones y por ello es esencial documentar bien cada paso y ofrecer un mecanismo de quejas y reclamos especialmente para las reclamaciones relacionadas con el reasentamiento. Al final del proceso, todas las personas fueron debidamente compensadas; de hecho, los desarrolladores del proyecto destacaron que el proceso fue auditado exitosamente por una entidad externa que dio por válido y justo el proceso.

Fuente: entrevista del autor con los desarrolladores, 2020



5.4 GESTIÓN DE ASPECTOS DE GÉNERO

Se estima que cerrar las brechas de participación laboral por razones de género equivaldría a una ganancia de 26% en el PIB mundial (McKinsey & Co, 2015). En América Latina las mujeres participan menos que los hombres en los mercados laborales, tienen más probabilidad de tener empleos informales, a tiempo parcial, con menor productividad y menor remuneración, y están sub-representadas en puestos gerenciales y ejecutivos (Marchionni, 2018). Según el reporte publicado por el *Economic World Forum* en 2021 sobre las brechas de género a nivel global, la región de ALC se encuentra entre las cuatro regiones que han conseguido cerrar al menos el 71% de sus brechas de género, con un 72,1%, por detrás de Europa Occidental (76,7%) y Norte América (72,9%) y por delante de Europa del Este y Asia Central (71,5%) (WEF, 2020). Sin embargo, a pesar de estos progresos logrados, las brechas de género persisten y deben ser abordadas proactivamente.

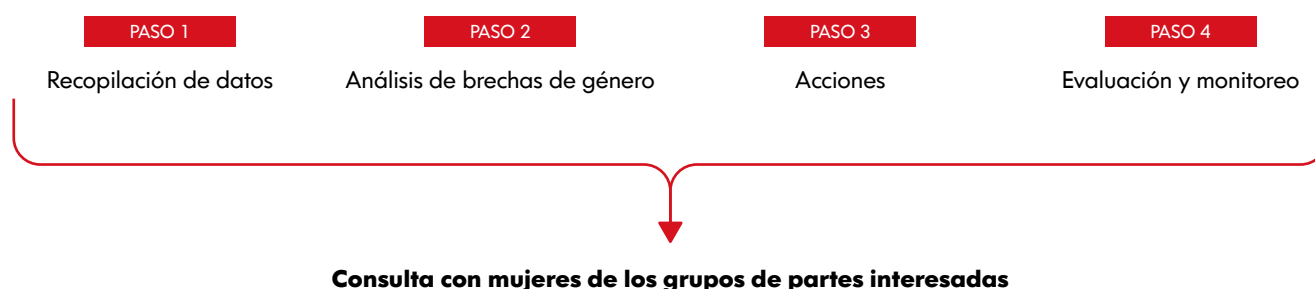
Los proyectos de energía geotérmica plantean una serie de riesgos e impactos ambientales y sociales potenciales que se discuten en esta publicación. Debido a que los hombres y las mujeres pueden verse afectados de manera diferente por tales riesgos e impactos, los proyectos geotérmicos pueden conducir a resultados adversos que perjudiquen de manera desproporcionada a las mujeres. Lo mismo puede suceder con los beneficios del proyecto. Para analizar tales desigualdades hace falta recopilar datos desglosados por sexo a la hora de realizar el análisis de los riesgos socioeconómicos, ambientales, de salud y seguridad de los proyectos, así como el acceso a los beneficios. Ignorar las brechas de género supone un riesgo para la gestión eficaz, eficiente y sostenible de los proyectos geotérmicos.

Como se menciona en la Sección 5.1, es clave retroalimentar las decisiones y procesos de los proyectos a través de la participación y consulta con las partes interesadas desde una etapa temprana y durante todas las etapas del proyecto. Se debe tomar en cuenta la perspectiva, opinión y preocupaciones de las mujeres para poder implementar medidas y acciones específicas para mitigar los riesgos y buscar oportunidades para abordar las brechas y gestionar los aspectos de género durante toda la vida del proyecto. Por ejemplo, las quejas de mujeres podrían resaltar el desprecio por las creencias culturales vinculadas al recurso geotérmico, pérdida de cultivos, temor de un aumento potencial de la violencia de género (VG) debido a un aumento anticipado de la presencia militar para proteger los activos en el sitio del proyecto, y compensación y beneficios desiguales en función del género, incluidas becas y oportunidades de empleo. Si se ignoran las inquietudes de las mujeres sobre los recursos geotermiales u otros impactos potenciales del proyecto, podría crearse percepciones negativas hacia el proyecto, e incluso causar retrasos o parar el proyecto por completo.

La Figura 5-6 presenta los pasos principales a seguir para evaluar los impactos y oportunidades de los proyectos, diferenciados por género, los cuáles se detallan más adelante.



Figura 5-6:

Pasos Principales Para la Inclusión de Mujeres en la Evaluación de Impactos y Oportunidades

Fuente: Basado en la metodología presentada en la Guía sobre Igualdad de Género en el Sector de Energía Geotérmica, Banco Mundial, 2019.

Antes de describir cada paso, cabe destacar que, como se observa a la derecha de la Figura 5-6, se debe involucrar a mujeres de los grupos de las partes interesadas desde una fase temprana, durante todas las etapas y por cada paso descrito a continuación. Estas consultas deben ser transparentes y culturalmente adecuadas. Se pueden realizar grupos focales de mujeres para que puedan expresarse libremente sin presión de otros grupos. Sin embargo, se deberá elegir dónde, cuándo y cómo se llevan a cabo las consultas para que las mujeres puedan participar activamente. Por ejemplo, teniendo en cuenta si las mujeres pueden trasladarse al lugar de la consulta, si la hora es apropiada con las demandas de trabajo o tareas domésticas, o poniendo a disposición una persona que pueda hacerse cargo de los niños durante la participación de las mujeres.

Para incrementar la participación de mujeres en grupos focales y otras actividades de consulta, la Guía del Banco Mundial sobre Igualdad de Género en el Sector de Energía Geotérmica (World Bank, 2019), con aportaciones de la Corporación Financiera Internacional, recomienda:

- Emplear a hombres y mujeres con vínculos preexistentes con la comunidad local como oficiales de enlace con la comunidad.
- Contactar a grupos locales de mujeres, cooperativas, asociaciones industriales, organizaciones religiosas, escuelas, gobiernos municipales y organizaciones de la sociedad civil para ayudar a identificar a personas vulnerables o grupos desfavorecidos y mandarles invitaciones.
- Anunciar las reuniones a través de medios adecuados para llegar tanto a mujeres como a hombres, teniendo en cuenta cómo los aspectos de género afectan a los grupos étnicos, ingresos, ubicación e idioma (IFC, 2007). Ejemplos de medios incluyen, radio, anuncios verbales o por escrito, folletos con imágenes descriptivas, entre otros.
- Elegir lugares y horarios de encuentro sensibles al uso del tiempo y las limitaciones de viaje de las mujeres y hombres y ofrecer estipendios de transporte a quienes los necesiten.



- Prestar atención a cómo se enmarcan los problemas relacionados con el proyecto. Por ejemplo, informar a las comunidades sobre el impacto potencial en la salud de sus familias o los aspectos de sostenibilidad del desarrollo geotérmico podría atraer a más mujeres a asistir a reuniones consultivas, o enfatizar la igualdad de oportunidades en la contratación podría interesar a más mujeres en solicitar puestos de trabajo (IFC, 2007).
- Explorar la posibilidad de proporcionar cuidado de niños durante las reuniones.

A continuación, se detalla cada paso de la Figura 5-6:

Paso 1:

Recopilar datos con un desglose por género es el punto de partida. Se pueden utilizar indicadores de género como la autonomía económica (población sin ingresos propios por sexo, tiempo total de trabajo, distribución de la población ocupada según el nivel de productividad y sexo, proporción del tiempo dedicado al trabajo doméstico y de cuidado no remunerado, desglosado por sexo, tiempo de trabajo no remunerado según ingresos propios por sexo, índice de feminidad en hogares pobres), la autonomía en la toma de decisiones (porcentaje de mujeres en el poder ejecutivo, legislativo y judicial a nivel nacional, proporción de mujeres en gobiernos locales), y la autonomía física (feminicidio, maternidad en adolescentes, demanda insatisfecha de planificación familiar, mortalidad materna) (OIG, 2020). Además de temas relevantes al contexto del proyecto, como la relación de las mujeres de la comunidad con la tierra, con los recursos geotérmicos, el rol de las mujeres en las comunidades indígenas y servicios ecosistémicos, entre otros.

Paso 2:

Con los datos recopilados (de fuentes primarias y secundarias) se debe realizar un análisis de riesgos y oportunidades respecto a las brechas de género, lo cual puede mejorar el desempeño del proyecto y reducir la posibilidad de interrupción del trabajo y cancelación del proyecto. Por ejemplo, la relación de la comunidad con los recursos superficiales geotérmicos o tierras afectadas puede diferir en razón de género; si estos recursos no se substituyen por opciones aceptables, podría provocar un riesgo de aumento de violencia de género y accidentes en el sitio del proyecto o en su entorno que podría afectar a mujeres u hombres con más o menos frecuencia o con mayor gravedad (World Bank, 2019).

Asimismo, se deben analizar las diferencias acceso a los posibles beneficios por cuestión de género, como las oportunidades de empleo y el uso directo de la energía geotérmica (como calefacción para invernaderos, secado de cultivos, granjas de pescado y proceso de calor para el sector alimenticio) y suministro de agua dulce (World Bank, 2019). También se deberían tomar en cuenta los beneficios para hombres y mujeres respecto a la inversión y promoción en balneología u otras infraestructuras turísticas geotérmicas.



Domo San Pedro, México: Un caso de impacto de género por actividades productivas ligadas a la geotermia

El Grupo iiDEA del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México ha creado un deshidratador geotérmico de alimentos con el financiamiento del Centro Mexicano de Innovación de Energía Geotérmica. Este proyecto ha encontrado su fuerza laboral en las mujeres de San Pedro Lagunillas, Nayarit. Desde un inicio este proyecto desarrollo una metodología para mitigar las afectaciones a la comunidad y encontró personas aliadas y dispuestas a aprovechar las oportunidades que el deshidratador traería a la comunidad. En época de operaciones, el 90% de los empleados en el deshidratador son mujeres (Pérez-González et al, 2020) (aproximadamente emplean más de 50 personas).

Figura 5-7:



Fuente: Fotografías de Grupo iiDEA, UNAM y entrevista realizada en noviembre de 2020



Paso 3:

Una vez que se han analizado las brechas, riesgos de las partes interesadas clave y oportunidades de desarrollo adicionales para hombres y mujeres identificadas, los equipos del proyecto tienen la oportunidad de abordarlas. Cuanto antes se discutan, planifiquen y presupuestan estas acciones en el ciclo del proyecto, mayores serán sus posibilidades de implementación y monitoreo. La Tabla 5-4 presenta sugerencias prácticas sobre su implementación durante el ciclo de desarrollo geotérmico.

Paso 4:

Se recomienda que los proyectos incluyan indicadores específicos de monitoreo y evaluación en el marco de los resultados que miden el progreso para cerrar las brechas por razones de género. Los indicadores pueden ser a nivel de

proceso o resultado según corresponda, y se debe establecer un objetivo específico por cada indicador. Por ejemplo, un indicador podría ser el porcentaje de mujeres que trabajan en el proyecto y el objetivo podría ser llegar a un mínimo del 30%; otro ejemplo sería la cantidad de personal que ha completado la capacitación sobre el código de conducta del proyecto y temas de violencia de género, el objetivo debería ser que el 100% del personal haya completado la capacitación durante el proceso de integración. Asimismo, se aconseja que el proyecto reserve un presupuesto adecuado para las actividades de evaluación y monitoreo (World Bank, 2019).

Fuente: Basado en la metodología presentada en la Guía sobre Igualdad de Género en el Sector de Energía Geotérmica, Banco Mundial, 2019.

Tabla 5-4:

Acciones Prácticas para la Equidad de Género en el Ciclo de Desarrollo Geotérmico

TEMAS	SUGERENCIAS DE ACCIONES PRÁCTICAS
Oportunidades laborales y capacitación	Establecer cuotas específicas y objetivos para contratar a mujeres (ej. un mínimo de 30%) y prácticas para contribuir a la visibilidad de las mujeres trabajando en el proyecto
	Equipos de selección compuestos por personas de diferentes géneros y edades
	Dado el valor que el sector geotérmico pone énfasis en la experiencia práctica y capacitación, ofrecer capacitaciones para mujeres sobre programas de Geotermia que les permitan acceder a las oportunidades de este tipo de proyectos. Por ejemplo, <i>Iceland GeoSurvey</i> , una institución sin fines de lucro, de propiedad estatal y autofinanciada publica en su página web los cursos sobre geotermia que se realizan en América Latina (ver https://en.isor.is/geothermal-courses-held-latin-america)
	Ofrecer programas y becas para los puestos técnicos en la planta durante las primeras fases del proyecto, para así cerrar brechas de género una vez que comience la construcción y operaciones del proyecto
	Utilizar lenguaje inclusivo en las ofertas de trabajo, por ejemplo, escribir Ingeniera (en vez de poner solo ingeniero) en un anuncio de vacante de puesto



TEMAS	SUGERENCIAS DE ACCIONES PRÁCTICAS
Salud y seguridad en el trabajo	Establecer una política tolerancia cero ante abusos y violencia de género y violencia sexual con planes de manejo e incluirlo en el código de conducta del proyecto y el reglamento interior de trabajo
	Establecer un MRQ inclusivo, que proporcione seguridad a las mujeres (ej. disponer de personas de ambos sexos en caso de que una mujer prefiera hablar de una queja con una persona de su mismo género)
	La mayoría de los sitios de desarrollo geotérmico se encuentran en ubicaciones remotas que requieren que el personal viva en el sitio durante semanas, por lo que es necesario tener disposiciones específicas para las mujeres trabajando en campo, incluyendo baños y locales de vivienda separados y medidas de seguridad y protección, como guardias en las instalaciones y durante los viajes. Las personas a cargo de la seguridad también deben estar capacitados en derechos humanos, uso de armas (cuando proceda) y en atender las situaciones con perspectiva género
	Gestión del influjo de trabajadores foráneos: aumento potencial de violencia de género, tráfico de personas, crímenes, abuso de sustancias, propagación de infecciones de transmisión sexual
Compras locales	Realizar un seguimiento desagregado por género de los licitadores de compras locales o adquisiciones
	Apoyar con la preparación de ofertas a las empresas y pequeños negocios que sean propiedad de mujeres
	Ayudar a empresas lideradas por mujeres a identificar nuevas oportunidades de productos y servicios creados por proyectos geotérmicos y ayudarlos a poder responder a esas necesidades
	Aprovechar los marcos existentes para seleccionar y certificar que las empresas sean propiedad o estén operadas con un 51% de mujeres (u otro criterio que se ajuste al contexto local)
Infraestructura auxiliar	Diseñar cuidadosamente infraestructuras secundarias para contribuir a la equidad de género y beneficiar a la niñez de las comunidades afectadas por el proyecto. Para ello, el proyecto debe hacer consultas con perspectiva de género
	Decidir cómo priorizar las inversiones y diseñar, construir y mantener la infraestructura a través de consultas y planificación que incluya a las mujeres. Temas relacionados con el transporte, control de erosión, suministro de agua, electricidad, tecnología de información y comunicaciones, turismo, desarrollo comunitario e inversión social
Adquisición de tierras (si procede)	Incluir a mujeres en todas las reuniones, actividades o comités sobre adquisición de tierras para que las mujeres de las comunidades afectadas tengan la oportunidad de elevar sus preocupaciones y opinión
	Garantizar una compensación justa para las mujeres durante el reasentamiento en el Plan de Reasentamiento y documentar el proceso, asegurando la titulación en su nombre, si en el caso procede

Fuente: Guía sobre Igualdad de Género en el Sector de Energía Geotérmica, Banco Mundial, 2019.



Cerro Pabellón, Chile:

La geotermia como catalizador de PyMEs y mujeres emprendedoras

Los usos directos no son la única manera de apoyar iniciativas y programas que beneficien a las mujeres u otras personas de las comunidades en las áreas de influencia de los proyectos de geotermia. Por ejemplo, junto a los aspectos técnicos, el proyecto de Cerro Pabellón en Chile integró los valores culturales, patrimoniales y ambientales de las comunidades cercanas. Destaca especialmente el impulso a la creación de pequeñas y medianas empresas (pymes) que han prestado servicios a la faena y campamento. Lideradas por mujeres de origen quechua, fueron capacitadas en gestión económica y administrativa para que estos emprendimientos se conviertan en una fuente de ingreso a largo plazo. Estos pequeños negocios tenían como objetivo dar servicio al campamento de trabajadores del proyecto. Algunos de estos micro-negocios incluyen servicios de lavandería, servicio de transporte, servicio de limpieza y un quiosco.

Fuente: Fuente: entrevista del autor con ENEL, 2020



6

CONCLUSIONES

6.

CONCLUSIONES

La energía geotérmica es una fuente de energía renovable que permite generar electricidad con un suministro fiable y flexible. Es una tecnología con baja huella de ocupación de terreno, emisiones despreciables, muy resiliente a eventos climáticos y capaz de aportar un suministro eléctrico a precio competitivo. Además, aporta el valor añadido de traer oportunidades en el uso de fluidos geotérmicos en aplicaciones productivas muy variadas: invernaderos, procesos agroindustriales, procesamiento de alimentos, protección de ganado, esterilización, pasteurización de leche, acuicultura, o procesos mineros, entre otros. Esto hace que sea una tecnología renovable con especial impacto en la creación de oportunidades económicas para las poblaciones locales donde se desarrolla el proyecto.

En la región de Latinoamérica y el Caribe se estima que existe un potencial geotérmico de hasta 55GW. No obstante, al igual que en otras regiones, la geotermia se tiene que enfrentar a retos ambientales y sociales particulares. Será importante que los desarrolladores geotérmicos realicen una correcta identificación de los riesgos de sus proyectos y establezcan las medidas apropiadas de mitigación, en ámbitos tan diversos

como la calidad del aire, el ruido, el uso del suelo, el uso de recurso hídricos, o biodiversidad.

La correcta gestión de aspectos socioambientales en desarrollos geotérmicos se debe observar como una parte esencial del proyecto, y no como un mero gasto necesario para satisfacer regulaciones existentes o requisitos de financiadores. El involucramiento de las comunidades locales desde la conceptualización del proyecto geotérmico garantizará su éxito en la construcción y su sostenibilidad operativa. Será importante que se comunique claramente a las comunidades locales el ciclo completo de oportunidades económicas que les puede traer un proyecto geotérmico, a nivel de aspectos como reducción en el precio de la electricidad, oportunidades laborales durante la construcción y operación de la planta, u oportunidades de negocio asociadas a usos directos geotérmicos. Los desarrolladores geotérmicos no deben recodar que la geotermia es una tecnología aún bastante desconocida que genera confusión entre muchas comunidades locales en lo referente tanto a los riesgos que entraña como en las oportunidades que puede conllevar. Los proyectos geotérmicos, por tanto, requieren de un trabajo pedagógico adi-



cional, donde se explique con claridad sus beneficios y se resuelvan interrogantes relativas a temas como las fases de las obras, el alcance de las perforaciones, el uso de agua, emisiones de gases, o se despeje la clásica confusión del desarrollo geotérmico con actividades extractivas, entre otros muchos.

Los desarrolladores deberán ser capaces de implementar estrategias de consulta y participación social sólidas, evitando así que percepciones erróneas sobre esta tecnología tengan impactos relevantes en el desarrollo de los proyectos, que terminen extendiendo los plazos de implementación y dificultando el acceso a financiación. El proyecto deberá realizar una correcta identificación y mapeo de las partes interesadas, estableciendo un proceso de diálogo bidireccional y consulta pública continuo y transparente, así como establecer un mecanismo accesible de gestión de quejas y reclamos. En su estrategia de comunicación, el desarrollador geotérmico deberá proveer información clara y completa sobre el proyecto, promover la participación efectiva de las partes interesadas y asegura que éstas conozcan y entiendan el proyecto, sus impactos y sus beneficios. El proyecto se beneficiará de mecanismos de consulta como asambleas formales, talleres, mesas redondas, visitas técnicas, y los nuevos mecanismos ofertados por las plataformas virtuales, actividades durante las cuales se deberán incluir consideraciones especiales con las poblaciones indígenas y aspectos de género.

A lo largo de este documento se han recogido numerosas lecciones aprendidas por desarrolladores geotérmicos de la región ALC y de otras partes del mundo. Proyectos como los Domo San Pedro (México) muestran las grandes oportunidades de instalaciones agroindustriales, como secado de fruta o de alfalfa, que se pueden ligar a plantas geotérmicas de generación eléctrica y cómo éstas pueden tener una impor-

tante contribución para la equidad de género. A través de campañas de comunicación como las realizadas en los proyectos de Las Pailas o Miravalles (Costa Rica) se muestra cómo la transparencia en la información o la estabilidad en los puntos de contacto genera lazos de confianza y alianza con las comunidades locales, así como la importancia de involucrar a las poblaciones indígenas en estas actividades, tal y como se mostró en el proyecto de Cerro Pabellón (Chile). Esta confianza se incrementa si, como en Geoplata- nares (Honduras), la población local es involucrada como parte de los trabajadores de la plata geotérmica. La experiencia en el Caribe Oriental, en la isla de Nevis, demuestra que estas campañas de consulta se pueden beneficiar mucho de las plataformas virtuales existentes en caso de haber limitación de viajes o de recursos económicos. Proyectos como el de Paipa (Colombia) o Domo San Pedro (México), han mostrado la importancia de gestionar la desinformación utilizando herramientas de comunicación claras y accesibles, como trípticos e infografías. En todos los proyectos repasados es constante la importancia de una buena identificación de los riesgos del proyecto, con estudios previos como sobre la dirección de los vientos o registros de propietarios de tierras afectadas, de manera que se puedan establecer medidas de mitigación eficientes.

En conclusión, la energía geotérmica puede convertirse en un importante catalizador de desarrollo sostenible en la región de América Latina y el Caribe, pero para garantizar el éxito en su implementación será necesario que tanto los desarrolladores de proyectos como las instituciones públicas involucradas en su promoción tengan en cuenta las particularidades socio-ambientales de cada localización, garantizando realizar campañas de comunicación sólidas buscando maximizar los beneficios de la geotermia a través del correcto involucramiento de las poblaciones locales.



7

REFERENCIAS

REFERENCIAS

- ANL 2010. C.E. Clark, C.B. Harto, J.L. Sullivan, M.Q. Wang. Argonne National Laboratory. Water Use in the Development and Operation of Geothermal Power Plants, Published September 2010, Accessed October 2020. https://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/geothermal_water_use_draft.pdf
- Aviña, H.M., Pérez, E., García-Gutiérrez, A., 2015. Installation and Testing of Iidea Geothermal Food Dehydrator in the Domo de San Pedro Nayarit Mexico Geothermal Fields. Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Balza, L.H., Espinasa, R., Serebrisky, T., 2016. Luces Encendidas? Necesidades de Energía para América Latina y el Caribe al 2040. IDB, <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/%C2%BFLuces-encendidas-Necesidades-de-energ%C3%ADa-para-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-al-2040.pdf>.
- Bayer, P., Rybach, L., Blum, P. and Brauchler, R., 2013. Review on life cycle environmental effects of geothermal power generation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 26: 446-463, 2013.
- Bertani, R. and Thain, I., 2002. Geothermal power generating plant CO2 emission survey. IGA News 49, 1-3.
- BID 2017. Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Consulta Significativa con las Partes Interesadas, 2017. Obtenido en: < <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Consulta-significativa-con-las-partes-interesadas.pdf>>
- BID 2020. Hub de Energía, accesado en Junio 2022, <https://hubenergia.org/es/indicadores/generacion-capacidad-y-consumo-de-electricidad>
- BID 2020a. Laboratorio de Innovación Financiera, Programa de Financiamiento y Transferencia de Riesgos para Geotermia. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Accedido Octubre 2020. <https://www.iadb.org/es/sectores/financial-markets/financial-innovation-lab/geotermia%2C19718.html>
- BID 2020b. Banco Interamericano de Desarrollo (BID), El BID y Los Pueblos Indígenas, 2020. Obtenido en: <<https://www.iadb.org/es/gender-and-diversity/el-bid-y-los-pueblos-indigenas>>
- Caldo, A., Sosa Sartori, M. D., Lopresti, M. L., 2020. IADB Blog, Las Consultas Públicas Virtuales como Alternativa de Acercamiento a las Comunidades durante la Cuarentena, 2020. Obtenido en: <<https://blogs.iadb.org/transporte/es/las-consultas-publicas-virtuales-como-alternativa-de-acercamiento-a-las-comunidades-durante-la-cuarentena/>>



- Cerna, M., 2018. 3 Aspectos Claves para Lograr Consultas Públicas Significativas y de Calidad, Blog IADB, 2018. Obtenido en: <<https://blogs.iadb.org/conocimiento-abierto/es/consultas-publicas-significativas/>>
- Cladouhos, T. & Petty, Susan & Foulger, Gillian & Julian, B. & Fehler, M. ,2010, Injection induced seismicity and geothermal energy. GRC Transactions, Geothermal Resources Council. 34. 1213-1220.
- Clark, C.E., Harto, C.B., Sullivan J.L. and Wang, M.Q., 2010. Water Use in Development and Operations of Geothermal Plants. Argonne National Laboratory, <https://publications.anl.gov/anlpubs/2010/09/67934.pdf>.
- Climate Watch, 2020. Historical GHG Emissions Database. Último acceso: 01 de August de 2021. https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?end_year=2018&start_year=1990.
- Coro, G., and Trumpy, E., 2020. Predicting geographical suitability of geothermal power plants. Journal of Cleaner Production, Vol. 267, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121874>.
- Corporación Financiera Internacional (IFC, por sus siglas en inglés), 2007. Relaciones con la comunidad y otros actores sociales: Manual de prácticas recomendadas para las empresas que hacen negocios en mercados emergentes. Obtenido en: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/eeb4bf63-90b7-43c5-9b45-41b30b6955f4/IFC_StakeholderEngagement_Spanish.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jqetHux>
- Delahunty C., Nielson, D.L., and Shervais, J.W., 2012. Deep Core Drilling of Three Slim Geothermal Holes, Snake River Plains, Idaho. GRC Transactions, Vol. 36, 2012. Obtenido de <<http://pubs.geothermal-library.org/lib/grc/1030295.pdf>>
- De Santiago Buey, C., y Pardo de Santayana Carrillo, F., 2009. Aprovechamiento de la energía geotérmica superficial en la obra pública. Ingeniería Civil 156/2009.
- Dominica Geothermal Development Company Limited, 2018. ESIA Volume 3: Social Impact Assessment.
- GDFLA 2016. What is the GDF for Latin America? Geothermal Development Facility for Latin America. Dewhurst Group. 2016. Accedido Octubre 2020. <https://gdfiac.com/procedure/>
- Early, C., 2020. «BBC Future, The new 'gold rush' for green lithium.» <https://www.bbc.com/future/article/20201124-how-geothermal-lithium-could-revolutionise-green-energy>.
- Edelstein, M.R. and Kleese, D.A. 1995. Cultural relativity of impact assessment: Native Hawaiian opposition to geothermal energy development. Society & Natural Resources, Vol 8, 1995. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08941929509380896>
- ESMAP 2012. Drilling Down on Geothermal Potential: An Assessment for Central America. Energy Sector Management Assistance Program, The World Bank.
- ESMAP 2016. Comparative Analysis of Approaches to Geothermal Resource Risk Mitigation. Energy Sector Management Assistance Program.
- ESMAP 2018. Armstrong, J. S.; Berman, L. W.; Jayawardena, M.; Rivera Zeballos, S. A.; Turner, J. A.; Herbas Ramirez, X. R.; Fridriksson, T.; Peabody, S. Opportunities and Challenges for Scaling-up Geothermal Development in Latin America and Caribbean Region. Programa de Asistencia a la Gestión del Sector de la Energía (ESMAP). Banco Mundial. Octubre 2018.
- ESMAP 2019. Gender Equality in The Geothermal Energy Sector: Road to Sustainability. Energy Sector Management Assistance Program.



- Finger, J. and Blankenship, D., 2010. Handbook of Best Practices for Geothermal Drilling. Sandia National Laboratories, SAND2010-6048.
- Fondo para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas de América Latina y el Caribe (FILAC), 2018. Día Mundial del Agua, un recurso viviente de la naturaleza al cuidado de los pueblos indígenas. Obtenido en: <<https://www.filac.org/wp/comunicacion/filac-informa/dia-mundial-del-agua-un-recurso-viviente-de-la-naturaleza-al-cuidado-de-los-pueblos-indigenas>>
- GeoMol, 2020. Thermal and Mineral Waters,. Obtenido en: http://www.geomol.eu/geopotenziale/water/index_html
- GHC, 2003. Geo-Heat Center, Milgro-Newcastle Greenhouses, Utah, 2003-2006. Obtenido en: <<http://digital-lib.oit.edu/digital/collection/geoheat/id/11334/>>
- Gischler, C., Janson, N., Gonzalez, C., Cordoba de la Rosa, M. and Santana, S., 2017. Unlocking Geothermal Power: How the Eastern Caribbean Could Become a Geothermal Powerhouse. IDB Technical Note No IDB-TN-1256.
- Gischler, C., Perks, M., González, C., Correa, C., Aragón, R., Haratsu, M., García Fernandez, J., y Siroit, G., 2020. Capturando el potencial geotérmico en América Latina y El Caribe Una perspectiva del camino a seguir. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 2020. Accedido Octubre 2020. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Capturando-el-potencial-geotermico-en-America-Latina-y-El-Caribe-Una-perspectiva-del-camino-a-seguir.pdf>
- Harto, C., Schroeder, J., Martino, L., Horner, R., and Clark, C., 2013.al. Geothermal Energy: The Energy-Water Nexus. Stanford University, Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering. <https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/SGW/2013/Harto.pdf>
- Hibbard, K., T. Wilson, K. Averyt, R. Harriss, R. Newmark, S. Rose, E. Shevliakova, and V. Tidwell, 2014: Ch. 10: Energy, Water, and Land Use. Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment, J. M. Melillo, Terese (T.C.) Richmond, and G. W. Yohe, Eds., U.S. Global Change Research Program, 257-281. doi:10.7930/J0JW8BSF.
- Holm, A., Jennejohn, D. and Blodgett, L. 2012, Geothermal Energy and Greenhouse Gas Emissions, Geothermal Energy Association. http://geoenergy.org/reports/GeothermalGreenhouseEmissionsNov-2012GEA_web.pdf.
- Holroyd, P. and Dagg, J. 2011. Building a regulatory framework for geothermal energy development in the NWT. Printed in Canada, Editor: Roberta Franchuk. The Pembina Institute (TPI). Accedido Octubre 2020. <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/21552937>
- IDAE, 2011. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Evaluación del Potencial de Energía Geotérmica 2011-2020. Obtenido en: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e9_geotermia_A_db72b0ac.pdf
- IFC 2007. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la generación de energía geotérmica. International Finance Corporation, World Bank Group.
- IFC 2013. Success of Geothermal Wells: A global study. Prepared by International Finance Corporation with input from GeothermEx, Inc. June 2013. <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/22970ec7-d846-47c3-a9f5-e4a65873bd3b/ifc-drilling-success-report-final.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jYlcyTW>



- IGA, 2020. To Become A Milestone Year For The Global Geothermal Energy Sector. International Geothermal Association, 2020. <https://www.geothermal-energy.org/2020-to-become-a-milestone-year-for-the-global-geothermal-energy-sector/>
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), 2012. Estudio de Impacto Ambiental y Documentos Relacionados – Las Pailas II, ICE, Costa Rica. Julio 2012.
- IRENA. 2017. Renewable Power Generation Costs. IRENA, <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>.
- IRENA 2015. Energías Renovables en América Latina en 2015: Sumario de Políticas, IRENA, Abu Dhabi. Accedido Octubre 2020. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_RE_Latin_America_Policies/IRENA_RE_Latin_America_Policies_2015_ES.pdf?la=en&hash=6356C4BE-57790F648178E7A02B5823ECD54E5340
- IRENA 2017. Geothermal Power Technology Brief. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Aug/IRENA_Geothermal_Power_2017.pdf
- IRENA 2018. Renewable Energy and Jobs—Annual Review Abu Dhabi, International Renewable Energy Agency, (IRENA). Obtenido en: <https://www.irena.org/publications/2018/May/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2018>
- IRENA. 2019a. Innovation landscape brief: Flexibility in conventional power plants. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Flexibility_in_CPPs_2019.pdf?la=en&hash=A-F60106EA083E492638D8FA9ADF7FD099259F5A1.
- IRENA, 2019b. Renewable Energy: A Gender Perspective. Abu Dhabi: IRENA, Obtenido en: <<https://www.irena.org/publications/2019/Jan/Renewable-Energy-A-Gender-Perspective>>
- IRENA 2019c. Plan de Acción Regional: Acelerando el Despliegue de Energía Renovable en América Latina. International Renewable Energy Agency. IRENA Secretariat, Abu Dhabi. 2019. Accedido Octubre 2020. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Regional-Group/Latin-America-and-the-Caribbean/IRENA_LatAm_plan_de_accion_2019_ES.PDF?la=en&hash=5DE35BAFD5941A43F110B7E6F0B-88B5B5FC26C5D
- IRENA, 2020a. Renewable Energy and Jobs. IRENA, <https://www.irena.org/publications/2020/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2020>.
- IRENA, 2020b. Renewable Energy in District Heating and Cooling. IRENA, <https://www.irena.org/publications/2017/Mar/Renewable-energy-in-district-heating-and-cooling>.
- IRENA, 2020c. Renewable Power Generation Costs. IRENA, <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>.
- IRENA, 2020d. Statistical Energy Profiles by Country, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi, United Arab Emirates. September 30, 2020. Accedido Octubre 2020. <https://www.irena.org/Statistics/Statistical-Profiles>
- IRENA, 2022. Renewable Capacity Statistics 2022, accessed in June 2022 https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Apr/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2022.pdf.



- JE, 2020. Onsen, Hot Springs and Public Baths. Publicado por Japan Experience, Julio 2020. Accedido Agosto 2021. <https://www.japan-experience.com/all-about-japan/onsen-public-baths>
- JICA, 2017. Annual Report, Latin America and the Caribbean, Economic Infrastructure Development, Response to Global Issues, and Support for Disparity, Correction to Establish Pro-Japanese Countries in the Region Farthest from Japan. Japan International Cooperation Agency (JICA). 2017. Accedido Octubre 2020. https://www.jica.go.jp/english/publications/reports/annual/2017/c8h0vm0000bws721-att/2017_08.pdf
- Jorquera, C., 2020. Preparándose para WGC 2020: una breve historia de la geotermia en Islandia, 2020. Obtenido en <https://www.piensageotermia.com/preparandose-para-wgc-2020-una-breve-historia-de-la-geotermia-en-islandia/>
- Kepinska B., 2003. GEOTHERMAL ENERGY IN HUMAN HISTORY, CULTURE, AND PRACTICES – SELECTED HIGHLIGHTS. The United Nations University, Geothermal resources and utilization in Poland and Europe, Reports, Number 2, 1-27, 2003. <https://orkustofnun.is/gogn/flytja/JHS-Skjol/UNU%20Visiting%20Lecturers/Beata01.pdf>
- KfW, 2017. Current topics: Geothermal – Latin America, Enabling Project Development. KfW Development Bank (Bank aus Verantwortung). Mayo 2017. Accedido Octubre 2020. https://www.kfw-entwicklungsbank.de/PDF/Entwicklungsfinanzierung/Themen-NEU/Lateinamerika_GDF_En_Dez2016.pdf
- Kraft, T., & Roth, P. and Wiemer, S., 2020. Good-Practice Guide for Managing Induced Seismicity in Deep Geothermal Energy Projects in Switzerland (Version 2). 10.3929/ethz-b-000453228.
- Kristmannsdottir, H., and Armannsson, H., 2003. Environmental aspects of geothermal energy utilization. Geothermics, Vol 32:451-461, 2003. https://eplanning.blm.gov/public_projects/nepa/124150/20000784/250000898/20190722_CBD_Kristmannsdottir_-_Environmental_Aspects_of_Geothermal.pdf
- Kruszewski et. al., 2017, Slimhole Well Casing Design for High-Temperature Geothermal Exploration and Reservoir Assessment, AGH Drilling, Oil, Gas, Vol. 34, no. 2, p. 465-492
- Lazard, 2018. Levelized Cost of Energy Analysis Version 12.0. Lazard, <https://www.lazard.com/media/450784/lazards-levelized-cost-of-energy-version-120-vfinal.pdf>.
- Lazard, 2020. Levelized Cost of Energy and Levelized Cost of Storage.
- Llopis Trillo, G., y Rodrigo Angulo, V., 2021. Guía de la Energía Geotérmica, Consejería de Economía y Consumo de la Comunidad de Madrid. Obtenido en: <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3DGuia+de+la+Energia+Geotermica.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1202762551437&ssbinary=true>
- Lofthouse, J., Simmons, R.T. and Yonk, R.M., 2015. Reliability of Renewable Energy: Geothermal. Institute of Political Economy (IPE), Utah State University. <https://www.usu.edu/ipe/wp-content/uploads/2015/11/Reliability-Geothermal-Full-Report.pdf>
- Lund, J.W., 2005. 100 Years of Geothermal Power Product. Thirtieth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 31-February 2, 2005. Obtenido de: <https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/SGW/2005/lund.pdf>
- Lund, J.W. and Toth, A.N., 2020. «Direct Utilization of Geothermal Energy 2020 Worldwide Review.» Proceedings World Geothermal Congress 2020, <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2020/01018.pdf>.



- Majer, E., Nelson, J., Robertson-Tait, A., Savy J., and Wong, I. 2012.. Protocol for Addressing Induced Seismicity Associated with Enhanced Geothermal Systems. US Department of Energy, Geothermal Technologies Program, 2012. Obtenido de: <https://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/geothermal_seismicity_protocol_012012.pdf>
- Marchionni, M., 2018. Brechas de género en América Latina. Un estado de situación. CAF. Obtenido en: <<https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1401/Brechas%20de%20genero%20en%20America%20Latina.%20Un%20estado%20de%20situacion.pdf>>
- Marrita, N.O., 2002. The impact of large-scale renewable energy development on the poor: environmental and socio-economic impact of a geothermal power plant on a poor rural community in Kenya. Energy Policy, Vol 30(11-12):1119-1128, 2002. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421502000630>
- Martínez, J.; Rojas, J. 2020. Planificación de las consultas virtuales en el contexto del COVID-19: Orientaciones para Agencias de Gobierno y Unidades Ejecutoras de Proyectos. Nota Técnica IDB-TN-1965. Accedido Mayo 2021: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Planificacion-de-las-consultas-virtuales-en-el-contexto-de-virtuales-en-el-contexto-de-COVID-19-Orientaciones-para-Agencias-de-Gobierno-y-Unidades-Ejecutoras-de-los-Proyectos.pdf>
- Matek, B., and Schmidt, B. 2013. The Values of Geothermal Energy. Geothermal Energy Association.
- Matek, B., 2015. Additional Economic Values of Geothermal Power, Geothermal Energy Association. Obtenido en: <http://geo-energy.org/_events/Geothermal%20Energy%20Association%20Issue%20Brief_Economic%20Values%202015_Final.pdf>
- Mendrinós, D., Kontoleon, E., and Karytsas, C., 2006. Geothermal binary plants: water or air cooled? Center for Renewable Energy Sources, Pikermi Attikis, Greece. Obtenido de <<http://energybc.ca/cache/hightempgeo/www.lowbin.eu/public/CRES-GeothermalBinaryPlants-Water%20or%20Air%20Cooled.pdf>>
- McCarthy, N. and Henderson, H., 2014. The Role of Renewable Energy Laws in Expanding Energy from Non - Traditional Renewables. Inter - American Development Bank, Office of Strategic Planning and Development Effectiveness. IDB Working Paper Series; 540 (IDB - WP - 540).
- McKinsey & Co, 2015. *The Power of Parity: How Advancing Women's Equality can add \$12 Trillion to Global Growth*, 2015. Obtenido en: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/employment-and-growth/how-advancing-womens-equality-can-add-12-trillion-to-global-growth#>
- Nolasco, L.A.F., 2010. Hydrogen Sulphide Abatement During Discharge Of Geothermal Steam From Well Pads: A Case Study Of Well Pad Tr-18, El Salvador. United Nations University, Geothermal Training Programme.
- NRDC, 2013. Energía geotérmica: Aprovechando la Potencia de la Tierra para Impulsar el Futuro Energético de Chile. NRDC Issue Brief, IB-13-11-A. Natural Resources Defense Council (NRDC). Noviembre 2013. Accedido Octubre 2020. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/chile-geothermal-IB-sp.pdf>
- NREL, 2012. Renewable Electricity Futures Study. National Renewable Energy Laboratory.
- NREL, 2013. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Electricity Generation. NREL, <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/57187.pdf>.



- OLADE, 2018a. Energy Outlook for Latin America and the Caribbean, Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Obtenido de: < <http://extranet.olade.org/publicaciones/energy-outlook-of-latin-america-and-the-caribbean-2018/?lang=en> >
- OLADE, 2018b. Panorama Energético de América Latina y el Caribe. OLADE, <http://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2018/>.
- Oregon Institute of Technology, 2003. GHC Annual Bulletin: MILGRO-NEWCASTLE GREENHOUSES. https://oregontechsfcdn.azureedge.net/oregontech/docs/default-source/geoheat-center-documents/quarterly-bulletin/vol-24/art7b383ee4362a663989f6fff0000ea57bb.pdf?sfvrsn=2e258d60_4.
- Patsa, E., Van Zyl, D., Zarrouk, S.J., and Arianpoo, N., 2015. Geothermal Energy in Mining Developments: Synergies and Opportunities Throughout a Mine's Operational Life Cycle. Proceedings World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia, p. 19-25.
- Payera S.V., 2018. Understanding social acceptance of geothermal energy: Case study for Araucanía region, Chile. Geothermics, Vol 72: 138-144, 2018.
- Pérez-González, E., Aviña, H.M., Garduño, A.M., Pacheco, E. and Mora L.E., 2020. Food Conservation with Geothermal Energy in Mexico and the World. UNAM.
- Rojas, F., 2015. Nicaragua considerará alargar los incentivos fiscales para proyectos de energía renovable. Piensa en Geotermia. 18 Mayo 2015. Accedido Octubre 2020. <https://www.piensageotermia.com/nicaragua-considerara-alargar-los-incentivos-fiscales-para-proyectos-de-energia-renovable/>
- Salameh Z. 2014. Chapter 5 - Emerging Renewable Energy Sources. Renewable Energy System Design, 299-371, 2014. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123749918000052>
- Sanyal, S. K.; Robertson-Tait, A.; Jayawardena, M.; Huttner, G. and Berman, L. W., 2016. Comparative Analysis of Approaches to Geothermal Resource Risk Mitigation: A Global Survey (Análisis Comparativo de Estrategias para la Mitigación del Riesgo Asociado a los Recursos Geotérmicos). Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP); knowledge series 024/16 Washington, D.C.; World Bank Group. <https://documents.albankaldawli.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/407911467995618028/an%C3%A1lisis-comparativo-de-estrategias-para-la-mitigaci%C3%B3n-del-riesgo-asociado-a-los-recursos-geot%C3%A9rmicos>
- Sumotarto, U, 2007. Design of a geothermal energy dryer for beans and grains drying in Indonesia. GEO-HEAT CENTER Oregon, https://oregontechsfcdn.azureedge.net/oregontech/docs/default-source/geo-heat-center-documents/quarterly-bulletin/vol-28/art57c7cee4362a663989f6fff0000ea57bb.pdf?sfvrsn=e1da8d60_4.
- Teara, 2020. Enciclopedia de Nueva Zelanda, Sobre aguas termales. Obtenido en: <<https://teara.govt.nz/en/thermal-pools-and-spas/page-1>>
- ThinkGeoEnergy, 2012. Kenyan flower company utilizing geothermal power and heat. Último acceso: 15 de July de 2021. <https://www.thinkgeoenergy.com/kenyan-flower-company-utilizing-geothermal-power-and-heat/comment-page-1/>.
- TIME, 2017. A Solution to Our Clean Energy Problem May Lie Right Beneath Our Feet. Science – Energy. Obtenido de: <https://time.com/4844086/geothermal-energy-iceland-deep-drilling-project/>



- Trutnevite, E. and Azevedo, I.L., 2019. Induced seismicity hazard and risk by enhanced geothermal systems: an expert elicitation approach. Environmental Research Letters, Vol 16, 2019. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa9eb2/pdf>
- USCS USA, 2013. Environmental Impacts of Geothermal Energy. Union of Concerned Scientists. <https://www.ucsusa.org/resources/environmental-impacts-geothermal-energy>
- US Department of Energy, 2022 How an Enhanced Geothermal System Works. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. Accessed in March 2022. <https://www.energy.gov/eere/geothermal/how-enhanced-geothermal-system-works-animation-text-version>
- US Energy Information Association (EIA), 2015 Annual Energy Outlook. International Renewable Energy Agency and IMF staff estimates. 2015. [https://www.elibrary.imf.org/view/IMF001/23271-9781513560908/23271-9781513560908_A001.xml?language=en&redirect=true](https://www.elibrary.imf.org/view/IMF001/23271-9781513560908/23271-9781513560908/23271-9781513560908_A001.xml?language=en&redirect=true)
- US Energy Information Association (EIA), 2019. States Energy Statistics. Último acceso: 15 de July de 2021. <https://www.eia.gov/state/?sid=NV>.
- USGS, 2003. Geothermal Energy. Clean Power from the Earth's heat, Circular 1249, United States Geological Survey. Obtenido en: <<http://geopubs.wr.usgs.gov/circular/c1249> <http://geopubs.wr.usgs.gov/circular/c1249>>
- Utah Forge, 2006. Preguntas Frecuentes acerca de la Energía Geotérmica. Documento hecho para el US Department of Energy. Obtenido en: <<https://utahforge.com/wp-content/uploads/sites/96/2019/11/FAQ-Geothermal-Energy-SPANISH.pdf>>
- Utah Forge, 2020. UtahForger: outreach and communication - website. <https://utahforge.com/outreach/>.
- Van Nguyen, M., Arason, S., Gissurarson, M., Gunnar Palsson, P., 2015. Uses of Geothermal Energy in Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization (FAO), <http://www.fao.org/3/i4233e/i4233E.pdf>.
- Wang, H., Zhao, J. and Chen, Z., 2008. Experimental investigation of ice and snow melting process on pavement utilizing geothermal tail water, Energy conversion and management, 2008, Vol. 49, pp. 1538-1546.
- WEF 2017. The Global Gender Gap Report 2017. World Economic Forum Ginebra: 2017. Obtenido en: < <https://www.weforum.org/reports/the-global-gender-gap-report-2017>>
- WEF 2020, Global Gender Gap 2020. World Economic Forum. Obtenido en: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_GGGR_2020.pdf>
- World Bank, 2019 Environmental and Social Management Framework, Indonesia Geothermal Resource Risk Mitigation Project (GREM)(P166071).
- Wüstenhagen, R., Wolsink, M. and Burer, M.J., 2007. Social Acceptance of Renewable Energy Innovation: An Introduction to the Concept. Energy Policy. <https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1016%2Fj.enpol.2006.12.001>
- Yépez-García, R.A. and Dana, J., 2012. Mitigating Vulnerability to High and Volatile Oil Prices. The World Bank.
- Yépez-García R.A., Ji, Y., Hallack, M. and López Soto, D., 2018. The energy path of Latin America and the Caribbean. Washington DC: IDB, https://publications.iadb.org/publications/english/document/The_Energy_Path_of_Latin_America_and_the_Caribbean.pdf.



APÉNDICE



TECNOLOGÍAS USADAS
Y PASOS A SEGUIR EN
EL DESARROLLO DE
PROYECTOS GEOTÉRMICOS

1. TECNOLOGÍAS USADAS EN PROYECTOS GEOTÉRMICOS

1.1 PERFORACIÓN DE POZOS

1.1.1 TIPOS DE POZOS

Existen tres tipos principales de pozos utilizados durante el desarrollo y operación de plantas de energía geotérmicas: pozos de prueba de gradiente, pozos de exploración, y pozos de producción o reinyección. El costo de la perforación varía según el tamaño y la profundidad del pozo que se perfora y, por lo tanto, pozos estrechos y poco profundos se utilizan normalmente en las primeras etapas de desarrollo para reducir el riesgo financiero (Delahunty et al, 2012).

Para las pruebas de gradiente de temperatura, se perforan pozos estrechos a una profundidad que suele ser menor a 500 m para probar el gradiente de temperatura. Esta prueba inicial se utiliza para revelar las propiedades de un reservorio geotérmico con el fin de reducir el riesgo de perforar pozos más profundos y anchos para la exploración.

Para la exploración, los pozos se perforan con el fin de verificar la existencia, ubicación y potencial del yacimiento geotérmico. Los taladros de exploración pueden ser de tamaño estrecho o

de producción. Por lo general, se perforan de 3 a 5 pozos de tamaño de producción con profundidades de 2,5 a 3 km (ESMAP, 2012). Sin embargo, para reducir costos, también se pueden utilizar pozos de exploración estrechos que tienen un diámetro de menos de 6 pulgadas y alcanzan profundidades de hasta 1,5 km (Kruszewski et al., 2017; ESMAP, 2012). El costo de pozos estrechos puede ser hasta tres a cuatro veces menor que el costo de pozos de producción de tamaño completo, debido al costo reducido de los equipos de perforación, cementación, fluidos, revestimiento y tubería (Kruszewski et al., 2017). La perforación de pozos durante la exploración es un gran gasto en las primeras etapas del proyecto y, por lo tanto, los pozos de exploración estrechos reducen el riesgo financiero en caso de que el reservorio sea improductivo o de baja temperatura y deben ser abandonado (Finger y Blankenship, 2010; Kruszewski et al., 2017). Los pozos que demuestren potencial de producción pueden luego ampliarse para convertirse en pozos de producción.



Para la operación, se necesitan dos tipos de pozos: pozos de producción y pozos de inyección. La cantidad total de pozos perforados depende de la capacidad de la planta de energía. El tipo de pozo y su diseño (p.ej., profundidad y diámetro) dependen en gran medida de la ubicación geográfica y los resultados de la fase de exploración (Finger y Blankenship, 2010). Los pozos de producción de tamaño regular tienen un diámetro de 8.5 pulgadas, mientras que los pozos grandes tienen un diámetro de 12.25 pulgadas (Kruszewski et al., 2017).

1.1.2 EQUIPOS DE PERFORACIÓN

Hay tres tipos principales de equipos de perforación (Figura A1-1). La selección del equipo de perforación depende del diámetro, la profundidad y el diseño del revestimiento del pozo (Finger y Blankenship, 2010). Los equipos de perforación de extracción de núcleos suelen tener unos 15 m de altura, se utilizan para pozos de diámetro reducido y pueden ser los más económicos de los tres. Los equipos rotativos convencionales se utilizan para perforar pozos de diámetros más grandes y miden alrededor de 55 m de altura. Los equipos de perforación de cabezal impulsor (*Top Drive* en inglés) se introdujeron en la década de 1980 y tienen los tiempos de perforación más rápidos.

Figura A1-1:
Equipos de Perforación



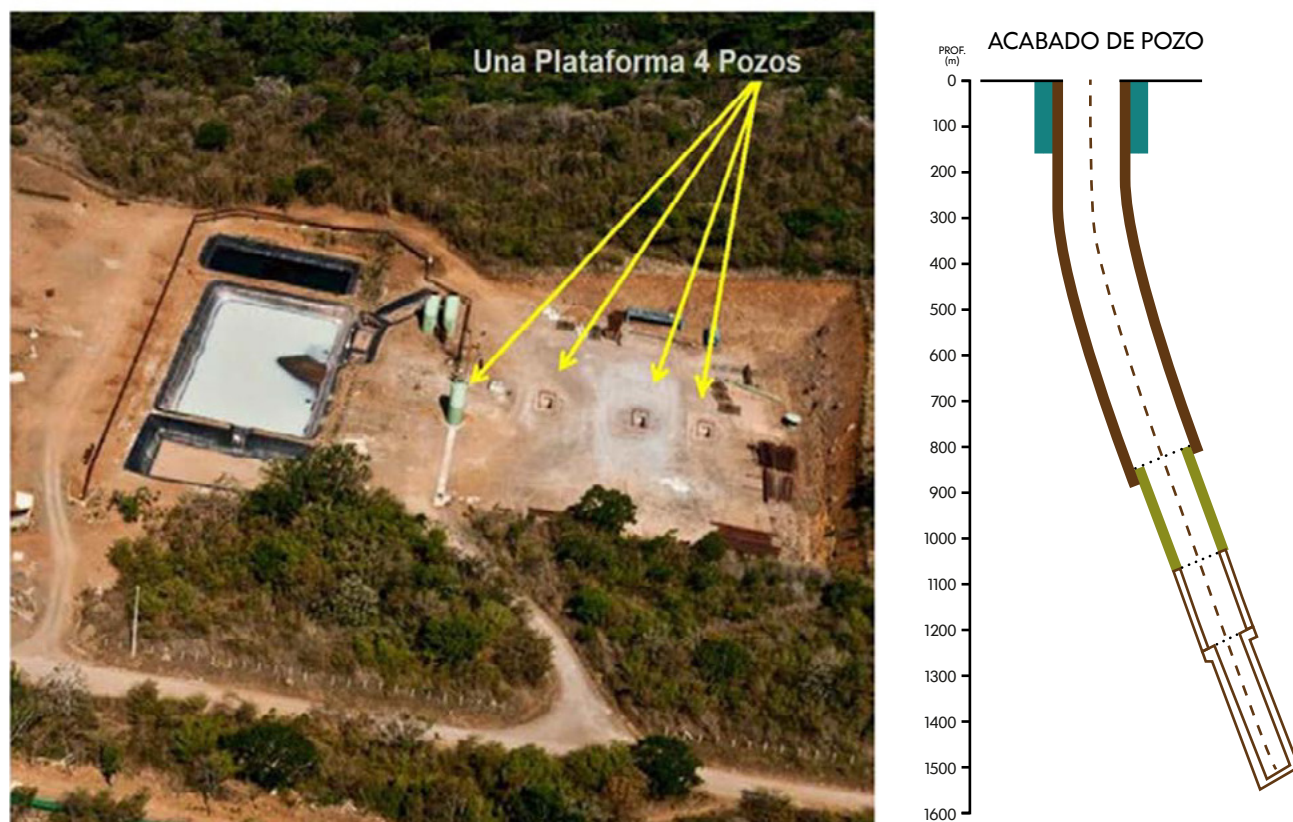
Los equipos de perforación convencionales se limitan a perforar en línea recta, verticalmente. Otras tecnologías permiten perforar direccionalmente: la tecnología de perforación direccional más común es un motor de fondo de pozo, que es un motor hidráulico que usa fluidos de perforación para girar la broca de una manera que elimina las fuerzas de rotación de otros componentes de la plataforma de perforación y permite la perforación en la dirección elegida.

En algunos casos, problemas institucionales, legales o topográficos podrían limitar las áreas de perforación directamente sobre el recurso. La tecnología de perforación direccional (Figura

A1-2) permite perforar pozos desviados en direcciones específicas para poder acceder el recurso geotérmico desde una ubicación factible en la superficie (Finger y Blankenship, 2010). Esta técnica también puede reducir el uso de la tierra porque se pueden perforar varios pozos en diferentes direcciones desde la misma ubicación (Kristmannsdottir y Armannsson, 2003). Además, la perforación direccional puede traer otros beneficios, tales como reducción del costo de construcción del sitio y la vía de acceso, reducción de tiempo y costo de perforación y reducción en la cantidad de estanques de eliminación de desechos.

Figura A1-2:

Técnica de Perforación Direccional y Acabado de Pozo Utilizada en Las Pailas II



Fuente: ICE 2012



Tanto en la perforación vertical como direccional, se utilizan fluidos de perforación, también conocidos como lodos de perforación. Los fluidos de perforación ayudan a transportar cortes de roca desde la perforación hasta la superficie y a limpiar y lubricar la broca. El lodo está compuesto por un líquido base, que suele ser agua limpia mezclada con arcillas y polímeros para aumentar la viscosidad del lodo, y con sólidos inertes para aumentar la densidad del lodo (Finger y Blankenship, 2010).

1.2 TIPOS DE PLANTAS DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON BASE EN LA GEOTERMIA

Existen tres principales tipos de plantas de energía geotérmica: plantas de vapor seco, plantas de vapor *flash* y plantas de ciclo binario, estando además en fase de experimentación las plantas de “*closed-loop*”. La innovación tecnológica geotérmica está avanzando rápidamente y existen tecnologías potenciales que podrían ser más limpias y menos impactantes para el medio ambiente¹⁶. El tipo de central eléctrica se elige de acuerdo con el calor del recurso, la permeabilidad del terreno, y el estado físico del acuífero (vapor o agua).

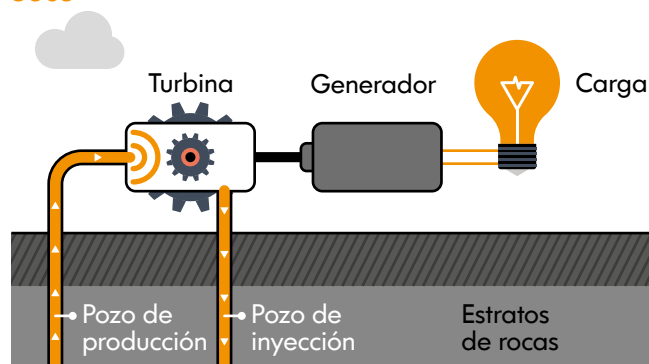
1.2.1 PLANTAS GEOTÉRMICAS DE VAPOR SECO

Las plantas geotérmicas de vapor seco utilizan vapor natural, que se libera debido a la presión del reservorio, para impulsar las turbinas de generación de electricidad. Este tipo de sistema utiliza vapor presurizado con temperaturas que oscilan entre 180 °C y 350 °C que sale directamente del reservorio geotérmico. Luego, el va-

por se enfría en agua líquida y se reinyecta en el depósito geotermal para que pueda recalentarse y reutilizarse. El exceso de vapor de agua que no se condensa de nuevo en un líquido se libera a la atmósfera. Este fue el primer tipo de planta de energía geotérmica, introducido en 1904 en la planta Larderello en Italia (Lund, 2005). La fuente de energía de vapor seco más grande proviene de 18 centrales eléctricas en el campo geotérmico Geysers en California, con una capacidad de generación de electricidad de 835 megavatios. La Figura A1-3 muestra cómo funciona un sistema de vapor seco geotérmico.

Figura A1-3:

Diagrama de Plantas Geotérmicas de Vapor Seco



Fuente propia, basado en USDOE

¹⁶ Por ejemplo, Eavor-Loop™ - Un sistema de circuito cerrado totalmente encapsulado que no extrae fluido geotermal del yacimiento. Para obtener más información, consulte el enlace web: <https://eavor.com/>.

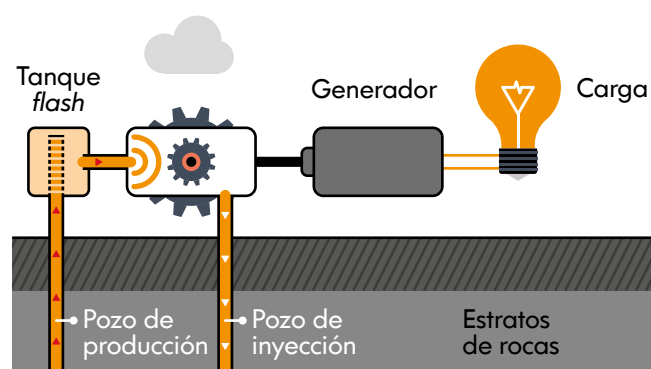


1.2.2 PLANTAS GEOTÉRMICAS DE VAPOR FLASH

En centrales geotérmicas de vapor *flash*, los fluidos geotermiales presurizados suben por el pozo hacia un tanque de *flash* donde se despresuriza, lo que hace que el fluido hierva y se vaporice rápidamente o "*flash*". Este vapor se utiliza para impulsar las turbinas de generación de electricidad. Luego, el vapor se enfría convirtiéndose en líquido, se combina con el líquido geotermal que no se vaporizó, y se reinyecta en el depósito geotérmico para ser recalentado. Los sistemas de vapor *flash* requieren temperaturas de fluido superiores a 182 °C. La Figura A1-4 muestra un diagrama de un sistema de vapor *flash* geotérmico.

Figura A1-4:

Diagrama de Centrales Geotérmicas de Vapor Flash



Fuente: Autor basado en USDOE

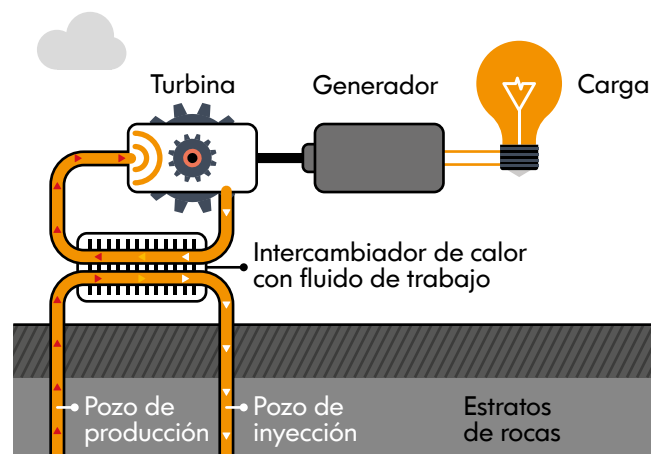
1.2.3 CENTRALES GEOTÉRMICAS DE CICLO BINARIO

En centrales geotérmicas de ciclo binario, el fluido geotérmico o vapor fluye por el pozo hacia un intercambiador de calor en la superficie que se utiliza para calentar un fluido secundario (también conocidos como fluidos de operación

o de trabajo, o *working fluid* en inglés). El fluido secundario y el fluido geotérmico circulan separadamente en respectivos sistemas cerrados. Como fluido secundario típicamente se utilizan hidrocarburos como isobutano, isopentano o propano, porque su bajo punto de ebullición hace que se vaporicen rápidamente o "*flash*" con el calor del fluido geotérmico (Bayer et al., 2013). Debido a los bajos puntos de ebullición de los fluidos secundarios, el vapor del fluido secundario impulsa las turbinas de generación de electricidad. Luego, el vapor se enfría en un líquido y se bombea al intercambiador de calor para repetir el ciclo. Los fluidos geotérmicos nunca se mezclan con el fluido secundario y se reinyectan en el reservorio para que puedan recalentarse y reutilizarse. En estos sistemas de circuito cerrado, todos los fluidos se reutilizan y prácticamente no hay emisiones al aire a excepción del vapor de agua. Además de tener el menor impacto ambiental, este sistema puede emplearse para temperaturas por debajo de 150 °C (Bayer et al., 2013). La Figura A1-5 presenta un diagrama de un sistema de ciclo binario.

Figura A1-5:

Diagrama de Centrales Geotérmicas de Ciclo



Fuente: Autor basado en USDOE



1.2.4 SISTEMAS GEOTÉRMICOS MEJORADOS

Todas las plantas de energía geotérmica requieren tres condiciones naturales: suficiente calor geotérmico, fluido en fracturas y espacios porosos dentro de las rocas, y permeabilidad para permitir que el fluido circule a través de las fracturas de la roca y los espacios porosos. Un área geotermal con suficiente calor no se puede explotar sin el fluido o la permeabilidad adecuada. Los Sistemas Geotérmicos Mejorados (EGS por sus siglas en inglés) permiten la explotación de un recurso de calor geotérmico que no es naturalmente adecuado, a través de la inyección de agua para crear un sistema de fracturas que hace que la roca sea permeable y saturada, para que luego puedan ser utilizadas por las centrales eléctricas para generar electricidad. Una desventaja de los sistemas EGS es el mayor costo, lo que significa menos beneficio para la inversión (Lofthouse et al., 2015). El desarrollo de EGS se compone de los siguientes pasos principales (US Department of Energy, 2022):

- Pozo de inyección: Primero se perfora un pozo de inyección en la capa de roca con potencial geotérmico pero con fluido y permeabilidad limitados.
- Inyección de agua: Luego se inyecta agua a través del pozo para crear presión y abrir las fracturas existentes o crear nuevas fracturas en la roca.
- Hidro-fractura: Continuamente se bombea agua a través del pozo para expandir las fracturas a lo largo de la reserva.
- Pozo de producción: Se perfora un segundo pozo (de producción) en el sistema de fractura para extraer el fluido caliente que circula por el sistema de fractura. Las centrales eléctricas con mayor capacidad de producción pueden requerir la perforación de pozos de producción adicionales.



APÉNDICE

B

PRINCIPALES
IMPACTOS SOCIALES
Y AMBIENTALES DE
PROYECTOS GEOTÉRMICOS

1.

IMPACTOS Y RIESGOS POTENCIALES: AMBIENTALES Y BIÓTICOS

1.1 CALIDAD DEL AIRE

Los proyectos geotérmicos pueden producir emisiones fugitivas aéreas de gases contaminantes resultantes de la combustión de hidrocarburos en motores de vehículos y equipos durante la construcción, y pueden emitir H_2S y CO_2 durante las pruebas de pozos y la fase de operación.

Los gases no condensables (GNC) se encuentran naturalmente en los fluidos geotérmicos y pueden incluir sulfuro de hidrógeno (H_2S), dióxido de carbono (CO_2), nitrógeno (N_2), hidrógeno (H_2), metano (CH_4), amoníaco (NH_3) y argón (Ar) (Bayer et al, 2013; ESMAP, 2018; IFC 2007). Los GNC más abundantes que se encuentran en el fluido geotérmico son H_2S y CO_2 (ESMAP, 2018). En algunos casos, el mercurio (Hg) se encuentra en concentraciones mínimas. El GNC de los fluidos geotermales y el vapor se emiten naturalmente a la atmósfera a través de fuentes termales, fumarolas y géiseres. Los proyectos geotérmicos liberan GNC durante la perforación exploratoria y durante la fase de operaciones; sin embargo, la emisión depende en gran medida del tipo de planta de energía geotérmica. En los sistemas de circuito abierto

(vapor *flash* y vapor seco), el vapor geotermal se condensa y se reinyecta en el suelo mientras que el exceso de vapor de agua geotermal se ventila a la atmósfera. En los sistemas de circuito cerrado (binarios) prácticamente no hay emisiones al aire ya que todo lo que sale de los pozos de producción se reinyecta al reservorio. En los casos en que las concentraciones superan las normas nacionales o internacionales, se utiliza tecnología de reducción para eliminar los GNC, como el H_2S y el mercurio, del aire.

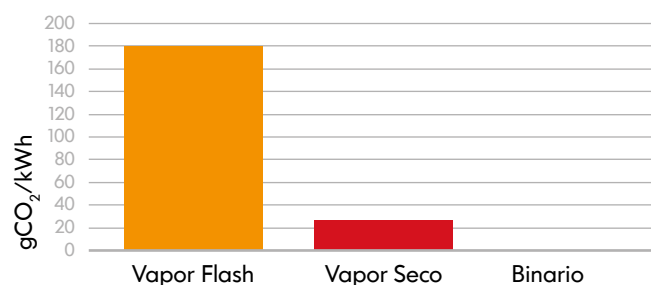
Las emisiones de CO_2 de las plantas de energía geotérmica son significativamente más bajas que las del carbón y el gas natural. El factor de emisión de CO_2 promedio global para plantas geotérmicas tipo flash es de 122 g / kWh en comparación con aproximadamente 450 g / kWh para las plantas de gas y aproximadamente 1,000 g / kWh para las plantas de carbón (Bertani y Thain, 2002), mientras que, como se ha comentado, las emisiones en plantas de ciclo binario se consideran despreciables. Las concentraciones de CO_2 emitidas por las plantas geotérmicas dependen de la composición de



la roca (ESMAP, 2018). Las plantas geotérmicas ubicadas en regiones dominadas por las rocas carbonatadas experimentan una mayor concentración de CO_2 y, en casos raros, pueden emitir altos niveles a la atmósfera (ESMAP, 2018). La Figura B1-1 proporciona el promedio de emisiones de CO_2 por tipo de planta geotérmica.

Figura B1-1:

Promedio de Emisiones de CO_2 Geotérmicas



Fuente: Adaptado de Holm et al., 2012

El H_2S tiene un olor fuerte y es un peligro para la salud en una concentración moderada (Nolasco, 2010). Tecnologías de control para reducir la concentración de H_2S se aplican cuando superan los límites máximos permitidos y en algunos países, como los Estados Unidos e Italia, son obligatorias por ley. Sin embargo, el H_2S tiene un olor desagradable que puede ser detectado aun en bajas concentraciones, ya de entre 0,75 y

450,0 $\mu\text{g}/\text{m}_3$ (Nolasco, 2010). Por lo tanto, aun si las concentraciones están dentro de los límites estándar, como los límites recomendados por OSHA de 150 $\mu\text{g}/\text{m}_3$ límite a 24-horas¹⁷, el olor puede continuar siendo un problema.

La cantidad de emisiones atmosféricas depende de varios factores, incluido el tipo de planta y su ubicación (Holm et al., 2012). Puede ser difícil determinar las emisiones exactas de gases de efecto invernadero de la energía geotérmica porque los sistemas geotérmicos son fuentes naturales de CO_2 . Esto puede provocar una discrepancia entre las estimaciones de emisiones atmosféricas atribuibles a actividades humanas. La Tabla B1-1 compara las emisiones atmosféricas entre el tipo de centrales eléctricas geotérmicas, de gas natural y de carbón, que muestra niveles de CO_2 superiores a los presentados en la Figura B1-1; sin embargo, los números son relativos y muestran que los sistemas de vapor flash tienen las emisiones de aire más altas mientras que los sistemas binarios tienen las más bajas. Además, como se puede observar en la tabla, las emisiones atmosféricas geotérmicas son más bajas en promedio en comparación con las fuentes de gas natural y carbón.

Tabla B1-1:

Niveles de emisiones por contaminante y fuente de energía

(LBS/MWH)	DRY STEAM	FLASH	BINARY	NATURAL GAS	COAL
CO_2	59.82	396.3	-	861.1	2200
CH_4	0.0000	0.0000	-	0.0168	0.2523
$\text{PM}_{2.5}$	-	-	-	0.1100	0.5900
PM_{10}	-	-	-	0.1200	0.7200
SO_2	0.0002	0.3500	-	0.0043	18.75
N_2O	0.0000	0.0000	-	0.0017	0.0367

Fuente: GEA, 2013

¹⁷ WHO, 2000: Air quality guidelines for Europe, 2nd ed. Copenhagen.



1.2 USO DE AGUA

En proyectos geotérmicos, el agua se utiliza principalmente durante la perforación de pozos y en la preparación de cemento en la construcción de revestimientos de pozos y centrales eléctricas. Los sistemas geotérmicos mejorados (EGS) usan más agua que los sistemas geotérmicos tradicionales, ya que se inyecta en el subsuelo para crear o expandir un sistema de fractura.

Durante la operación, se utiliza el agua geotérmica para la producción de electricidad. Los sistemas de circuito abierto, particularmente plantas *flash*, pierden agua geotérmica a la atmósfera en forma de vapor. Esta pérdida puede provocar una disminución de la presión y del líquido total en el reservorio. En algunos casos, se inyecta agua adicional en el reservorio para extender su vida útil; sin embargo, esto depende de la economía y la disponibilidad de otra fuente de agua local (Harto, 2013). Los sistemas de circuito cerrado (binarios) reinyectan todo el fluido a la reserva sin pérdidas de vapor.

Cerro Pabellon, Chile: un proyecto geotérmico en el desierto.

En el Proyecto Cerro Pabellón en Chile, las comunidades locales estaban preocupadas por el consumo de agua porque el proyecto está ubicado en un desierto. El Proyecto tiene una planta de circuito cerrado y reinyecta el 100% del agua en el reservorio, evitando la pérdida de agua. El proyecto tomó varias medidas de control. Por ejemplo, se reportaron los volúmenes de agua extraída cada mes junto con las mediciones de presión de cabeza de pozo a las autoridades competentes, la Dirección General de Agua y Superintendencia del Medioambiente, y también perforaron dos pozos superficiales al norte y al sur del proyecto para medir cambios en el agua superficial, lo que demostró que la reinyección fue exitosa y no hubo impactos a los recursos de agua.

El uso de aguas de otras fuentes durante la operación depende del tipo de planta, y es más que todo para el consumo de los trabajadores. El agua también se usa en las torres de enfriamiento para condensar el vapor de nuevo en un fluido. Aunque existen sistemas de enfriamiento de aire, los sistemas de enfriamiento de agua tienen la ventaja de ser más efectivos en el enfriamiento, permiten mayores salidas de energía y son 5 a 10 veces más económicos que los sistemas de enfriamiento por aire (Mendrinós et al., 2006). En comparación con otras fuentes de energía, la geotermia se encuentra

entre los tipos de energía que menos agua utilizan. La Tabla B1-2 a continuación muestra el consumo de agua de los diferentes tipos de plantas geotérmicas en comparación con otros tipos de energía. En la sección 2.2 de este apéndice se detalla más información sobre el impacto de uso social del agua.



Tabla B1-2:

Consumo de Agua Agregado para la Generación de Energía Eléctrica

POWER PLANT	FUEL PRODUCTION	PLANT CONSTRUCTION	PLANT OPERATIONS	TOTAL LIFE CYCLE ^A
Coal	0.26	-	0.004-1.2	0.26-1.46
Coal with carbon capture	0.01-0.17	0.13-0.25	0.5-1.2	0.57-1.53
Nuclear gas conventional	0.14	-	0.14-0.85	0.28-0.99
Natural gas combined cycle	0.22	-	0.02-0.5	0.24-0.72
Hydroelectric (dam)	-	-	4.5	4.5
Concentrated solar power	-	0.02-0.08	0.77-0.92	0.87-1.12
Sola fotovoltaic	-	0.06-0.15	0.006-0.02	0.07-0.19
Wind (onshore) ^b	-	0.02	3.62E-08	0.01
Geothermal EGS	-	0.01	0.29-0.72	0.3-0.73
Geothermal binary ^c	-	0.001	0.08-0.27	0.08-0.271
Geothermal flash ^c	-	0.001	0.005-0.01	0.01
Biomass	-	-	0.3-0.61	0.3-0.61

a Reported when provided, otherwise summed from values in table.

b Assumes recovery of water in the end-of-life management stage.

c Assumes water consumed as makeup for operational loss is a small percentage of total operational geofluid loss.

Fuente: Tomado de ANL 2010¹⁸

1.3 RUIDO

La contaminación de ruido proviene principalmente de la fase de perforación de pozos, pruebas de pozos y maquinaria y camiones durante la construcción de la planta. Los niveles de ruido más altos ocurren típicamente durante la perforación y oscilan entre 80 y 115 decibeles, un rango típico para las actividades industriales (Lofthouse et al., 2015). Durante

la operación, los componentes de la planta de energía (transformador, central eléctrica y torres de enfriamiento) también producen ruido que puede oscilar entre 71 y 83 decibeles (Lofthouse et al., 2015). Sin embargo, se pueden utilizar silenciadores y barreras para reducir las emisiones de ruido a 65 dB.

18 https://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/geothermal_water_use_draft.pdf



1.4 EFLUENTES Y RESIDUOS

Durante las fases de exploración y construcción, la perforación de pozos produce lodos, fluidos y cortes que pueden tener un alto contenido de minerales disueltos y metales pesados que se lixivian del subsuelo. Por esta razón, comúnmente los lodos se almacenan en estanques de sedimentación forrados donde se separan sólidos y líquidos. Posteriormente, los líquidos se reinyectan al reservorio o se descargan en aguas superficiales. Los sólidos se pueden reutilizar durante la construcción o eliminarse en un vertedero. De manera similar, los fluidos geotérmicos extraídos durante las pruebas de pozos se pueden almacenar en estanques de asentamiento hasta que se reinyectan o se tratan los líquidos (si es necesario) y se descargan en aguas superficiales (World Bank, 2019).

Durante la operación, las plantas geotérmicas no generan cantidades significativas de residuos. Los fluidos geotérmicos pueden tener un alto contenido de minerales disueltos y metales pesados, los cuales se pueden extraer para usos industriales. Con respecto a los impactos a los cuerpos de aguas, las torres de enfriamiento de plantas de energía geotérmica liberan calor a la atmósfera y, por lo tanto, no liberan calor residual en cuerpos de agua de superficie como las plantas de energía de combustibles fósiles.

1.5 CAMBIOS EN EL USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO

El uso de la tierra durante el ciclo de vida de un proyecto geotérmico depende de las características del reservorio, el tipo de planta, la capacidad de energía de la planta, el tipo de sistemas de enfriamiento, el número y espaciamiento de los pozos perforados y la etapa de desarrollo (NREL, 2012). Durante la etapa de exploración, inicialmente se despeja el terreno para la perforación de una pequeña cantidad de pozos y para los caminos de acceso necesarios para realizar el estudio de prefactibilidad. Cuando se identifica un reservorio geotérmico, se necesita más despeje de terreno para la perforación de pozos, carreteras y alojamiento de trabajadores adicionales. La fase de construcción requiere la mayor área de despeje debido a la planta de energía y sus componentes, las líneas de transmisión y el alojamiento de los trabajadores. Durante la operación, la huella del proyecto puede disminuir a medida que disminuyen la maquinaria de construcción, las instalaciones de almacenamientos, las áreas de trabajo y el número de trabajadores. Después del desmantelamiento de una planta de energía geotérmica, se puede llevar a cabo la restauración de la tierra para devolver la tierra afectada a su estado original o un uso productivo (ESMAP, 2019). La Tabla B1-3 muestra la perturbación típica de la tierra para las instalaciones asociadas durante el desarrollo de una planta de energía geotérmica de 30-50MW.



Tabla B1-3:

La Perturbación Típica de la Tierra para las Instalaciones Asociadas Durante el Desarrollo de Una Planta de Energía Geotérmica de 30-50 MW.

EXPLORACIÓN	8.1-28.3
Mapeo geológico	No significativo
Análisis geofísico	
Análisis de gravimétrico y magnético	
Análisis sísmico	
Análisis de resistividad	
Medición de temperatura de baja profundidad	
Construcción de caminos y accesos	4.0-24.3
Temperatura de gradiente térmico	4.0
OPERACIONES DE PERFORACIÓN Y UTILIZACIÓN	206.4-1416.4
Perforación y desarrollo de campo	20.2-202.3
Construcción y mejoramiento de caminos	16.2-129.5
Construcción de planta de generación eléctrica	60.7-101.2
Instalación de ductos y equipos del pozo	20.2-80.9
Instalación de Líneas de Transmisión	97.1-971.3
Mantenimiento, mejoras y arreglos de pozos	No significativo
TOTAL	214.5-1485.2

Fuente: Tomada de Bayer et al., 2013.

Las estimaciones del uso de la tierra oscilan entre 0.4 y 3.2 Hectáreas por MW (Lofthouse et al., 2015; Salameh, 2014), pudiendo llegar hasta 5.2 Hectáreas por MW (USCS USA, 2013). Como se demuestra en la siguiente figura, el uso de

la tierra para la energía geotérmica puede ser pequeño en comparación con otras fuentes de energía, como combustibles fósiles, eólica, gas natural, hidro y solar.

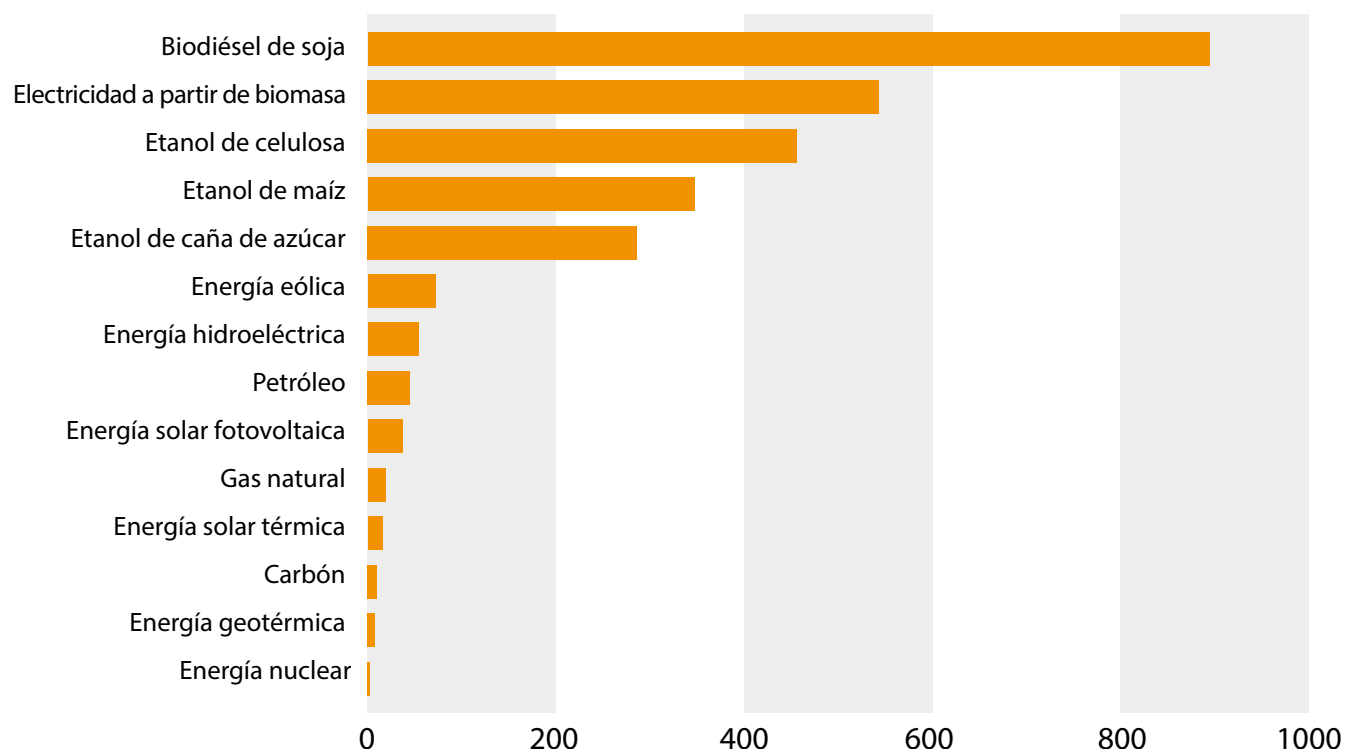


Figura B1-2:

Comparación de intensidad de ocupación de tierra en km²/TWh anuales

INTENSIDAD DE USO DE LA TIERRA PROYECTADA PARA 2030

INFORME - IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESTADOS UNIDOS (2014)



Aunque es más común en campos hidrotermales dominados por líquidos y geopresurizados, la energía geotérmica a gran escala puede ocasionar el hundimiento de la tierra debido a una disminución en la presión del reservorio; sin embargo, esto se mitiga reinyectando los fluidos geotérmicos nuevamente en el reservorio y, en algunos casos, inyectando agua adicional para compensar las pérdidas atmosféricas.

Las actividades de construcción, ampliación y reacondicionamiento asociados a los diferentes elementos del campo geotérmico pueden generar aumento en la escorrentía superficial debido al cambio de uso de suelo en el área en

donde se ubicarán las obras de los proyectos. Este cambio de uso de suelo está asociado a las actividades de remoción de la capa vegetal de las áreas en donde se construirán y ubicarán las estructuras impermeables, y por lo tanto una disminución en la infiltración del agua de lluvia. Los derrames de contaminantes también son riesgos típicos de obras de construcción, de la perforación de pozos y la operación de proyectos de generación geotérmica. Además, la remoción de árboles y vegetación puede aumentar la probabilidad de deslizamientos de tierra.



1.6 BIODIVERSIDAD

Flora

Los impactos adversos a la vegetación y flora se limitan a los impactos directos de la eliminación de la cobertura vegetal en las áreas de obras e infraestructura durante la construcción y el mantenimiento de estas áreas durante la vida útil de un proyecto geotérmico. Sin embargo, impactos debido a la presencia de instalaciones asociadas podrían ser significativos y requerirán medidas de mitigación específicas.

Fauna

Los impactos potenciales sobre la fauna incluyen los siguientes:

- La pérdida de hábitat.
- La segregación de corredores biológicos causada por la barrera de la tubería y su servidumbre.
- Perturbación y/o desplazamiento por ruido, vibraciones y movimiento. El ruido generado por los proyectos geotérmicos puede exceder ocasionalmente límites; sin embargo, se observa que muchas especies de fauna se acostumbran al ruido y regresan a utilizar hábitats en zonas industriales.
- La conectividad de los ecosistemas y flujos biológicos de relevancia para las áreas protegidas y las áreas reconocidas internacionalmente por valor alto para la conservación de la biodiversidad.
- El control de la cacería furtiva, que puede generarse por la presencia de trabajadores en el área.

Ecosistemas Acuáticos

Las obras de construcción y las operaciones de los proyectos generan fuentes de contaminación y pueden alterar patrones de drenaje y cauces. La sedimentación de hábitats acuáticos y el incremento en turbidez y sólidos suspendidos es un impacto muy probable si no se implementan controles adecuados de erosión, sedimentos, y cruces de cuerpos de agua adecuados, elementos que son fundamentales para las buenas prácticas de la construcción. Adicionalmente, los ecosistemas acuáticos se pueden ver afectados si los cursos de agua se usan como fuentes de agua para las plantas geotérmicas, reduciendo su cauce y su calidad.

1.7 MICROSISMOS

La sismicidad inducida por inyección se refiere al deslizamiento de las placas tectónicas debido al aumento de la presión del fluido durante las actividades de bombeo, como la estimulación del reservorio en EGS. La sismicidad inducida por inyección está asociada con muchas actividades que se han llevado a cabo en todo el mundo durante décadas, como la producción convencional de petróleo y gas, minería, y energía geotérmica, aunque en el caso de la geotermia, es más relacionada a las actividades profundas y no con los proyectos superficiales de sistemas cerrados (Kraft et. al., 2020; Trutnevyte y Azevedo, 2018). Esto ha aumentado nuestra comprensión del riesgo sísmico asociado con la extracción e inyección de fluidos y ha mejorado las medidas de mitigación (Cladouhos et al., 2010).

La sismicidad inducida provocada por las labores de construcción y operación en los pro-



yectos geotérmicos es normal y mundialmente conocida. En general, la sismicidad inducida por las labores de construcción y operación de proyectos geotérmicos sucede en escalas pequeñas (microsisimos), con magnitudes menores de 3.0 en la escala Richter (sisimos de escala 3 o menos son aquellos que son perceptibles a menudo, pero rara vez provocan daños, o generalmente no son perceptibles). La principal causa de riesgo sísmico durante las actividades geotermiales proviene los llamadas sistemas geotérmicos mejorados, los cuales implican la estimulación del subsuelo. Este riesgo se asocia comúnmente con la inyección geotérmica profunda, más allá de los 300 a 600 m de profundidad (Majer et al., 2012). La tecnología EGS es relativamente nueva y genera importantes incertidumbres debido a la falta de evidencia empírica (Trutnevyte y Azevedo, 2018). Se han documentado a nivel mundial varios casos de sismicidad inducida por EGS, como Soultz-sous-Forêts, Francia que provocó un temblor con una magnitud de 2.9, Basilea, Suiza con una magnitud de 3.4, y Berlín, El Salvador con una magnitud de 4.4 (Trutnevyte y Azevedo, 2018). Sin embargo, se cree que la sismicidad inducida por EGS es localizada y de baja magnitud (Cladouhos et al., 2010).

El riesgo sísmico depende de muchos factores geológicos y tectónicos que varían entre ubicaciones. Se implementan medidas preventivas para reducir el riesgo sísmico durante las actividades geotérmicas. Por ejemplo, el monitoreo sísmico sirve para detectar los posibles efectos a las comunidades (salud e infraestructura) y la biodiversidad y también para cumplir con los requisitos legales. Esto puede incluir el uso de sismómetros o acelerómetros para monitorear el movimiento del suelo en el sitio del proyecto o en las comunidades afectadas. Los sistemas

semáforo (TLS por sus siglas en inglés) se utilizan comúnmente para mitigar la sismicidad inducida por las actividades geotérmicas. TLS tiene en cuenta varios parámetros geológicos, como la velocidad máxima del suelo (PGV) y la frecuencia y magnitud de los terremotos inducidos, para determinar qué medidas deben tomarse para evitar la actividad sísmica de magnitudes dañinas. El riesgo sísmico inducido por EGS se mitiga principalmente reduciendo la duración y la intensidad de la estimulación hidráulica. Otras medidas indirectas de mitigación podrían incluir la comunicación y el alcance comunitario para mejorar la comprensión del público del proyecto y los riesgos anticipados, el apoyo de la comunidad además de los trabajos para aumentar la aceptación pública y la compensación por daños que pueden atribuirse a la sismicidad inducida por el proyecto.

Además, se han desarrollado mejores prácticas para EGS con el conocimiento adquirido a partir de décadas de experiencia mundial en sismicidad inducida por inyección en diversas industrias energéticas. Por ejemplo, el Protocolo Para Abordar la Sismicidad Inducida Asociada con Sistemas Geotérmicos Mejorados (Majer et al., 2012) del Departamento de Energía de los EE.UU. proporciona prácticas técnicas y no técnicas para abordar la sismicidad inducida con un enfoque en mejorar la seguridad y la comunicación con el público.



2.

IMPACTOS Y RIESGOS POTENCIALES: SOCIALES Y DE SALUD Y SEGURIDAD

2.1 ADQUISICIÓN DE TERRENOS Y CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO

Aunque en general la huella de las plantas geotérmicas es más pequeña que otros tipos de plantas, la adquisición de tierras para el desarrollo geotérmico (incluyendo para la red de electricidad) puede afectar los medios de vida y los servicios de los ecosistemas de las comunidades locales. Esto incluye el desarrollo geotérmico en áreas remotas que podrían ser pobladas o utilizadas por comunidades locales o poblaciones indígenas. Las comunidades remotas suelen ser pequeñas y más vulnerables al desplazamiento económico (ESMAP, 2018), como la pérdida de tierras agrícolas, tierras de pastoreo u otros activos. Adicionalmente, la adquisición de tierras puede provocar un desplazamiento físico o económico de las poblaciones afectadas.

2.2 USO Y CONSUMO SOCIAL DE AGUA

Uno de los beneficios de las plantas de energía geotérmica es que requieren un menor consumo de agua en comparación con otras fuentes de energía, lo que puede beneficiar a las comunidades que dependen de la fuente de agua para beber, balnearios, servicios ecológicos o patrimonio cultural, entre otros usos (ver la sección 1.2 Uso de Agua, bajo la Sección de Impactos y Riesgos Potenciales para más información). Sin embargo, muchos reservorios geotérmicos se encuentran en lugares remotos con suministro limitado de agua. Esto puede resultar en una mayor presión sobre el uso local del agua. El alcance del impacto dependerá de la disponibilidad de agua y los receptores sociales en el área del desarrollo geotérmico.



2.3 SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES

Los impactos en la salud y la seguridad de trabajadores que surgen de la construcción, las operaciones y el desmantelamiento de proyectos geotérmicos puede incluir los siguientes:

- Altas emisiones de ruido de estar cerca u operando las máquinas de perforación y construcción;
- Exposición a gas de sulfuro de hidrógeno (H_2S), fugas y reventones de pozos;
- Accidentes asociados con el almacenamiento y uso de fluido secundario en las plantas de ciclo binario (generalmente n-pentano);
- Exposición a peligros relacionados con la construcción y las actividades operativas;
- Problemas de seguridad del sitio, incluido el acceso público a la planta y la línea de transmisión. Los trabajadores pueden ser vulnerables al vandalismo y al crimen debido a la oposición al proyecto geotérmico y los sitios remotos;
- Impactos en la salud relacionados con la emisión de polvo durante la construcción que agravarán las condiciones existentes o causarán nuevas (por ejemplo, enfermedades respiratorias, oculares, cutáneas).

La concentración de contaminantes del aire, predominantemente H_2S , es más alta en el sitio de la central eléctrica. El monitoreo de la calidad del aire permite mitigar de manera adecuada y oportuna los riesgos para la salud ocupacional. Las emisiones de ruido de la maquinaria de perforación y construcción pueden superar los niveles seguros; sin embargo, el PPE adecuado mitiga los riesgos para la salud asociados con las actividades de alto ruido, como la perfora-

ción, que puede alcanzar 115 dB. Los trabajadores también estarán expuestos a riesgos de trabajo en calor y trabajo en espacios confinados. Si se implementan medidas de capacitación y mitigación se pueden reducir todos los riesgos potenciales de salud y seguridad asociados con este tipo de condiciones de trabajo.

La respuesta de emergencia para posibles accidentes será una consideración importante para la seguridad ocupacional. Las fugas y explosiones accidentales de gas, aunque ocurren en casos extremadamente raros, pueden provocar incendios que pueden resultar en la pérdida de vidas humanas, pérdida de vida silvestre, daños en propiedades y otras implicaciones graves para la salud. La liberación accidental de humos y otras emisiones tóxicas que emanan del proceso de generación de energía pueden causar infecciones respiratorias para los trabajadores y para los residentes alrededor del sitio del proyecto geotérmico. En caso de explosiones o fugas, los medios de vida locales también podrían verse afectados.



2.4 SALUD Y SEGURIDAD DE LA COMUNIDAD

La construcción, las operaciones y el desmantelamiento de proyectos geotérmicos pueden impactar a la salud y la seguridad comunitaria.

Los impactos del ruido a nivel de la comunidad dependen en gran medida del nivel de ruido, la hora del día o de la noche y la distancia del receptor a la fuente. Las emisiones de ruido son más altas durante la perforación, las pruebas y la construcción, pero disminuyen durante la operación. Durante la operación, las plantas de energía geotérmica emiten un ruido continuo, aunque a un nivel mucho más bajo.

Las emisiones al aire, principalmente H_2S , pueden ser letales en concentraciones moderadas (ESMAP, 2012), pero es solo una molestia por olor a bajas concentraciones. En general, a nivel de las comunidades, las concentraciones de H_2S son bajas y no causan riesgos para la salud de las comunidades locales. En escenarios menos comunes donde se detectan emisiones de mercurio, se deben implementar sistemas de eliminación para removerlo antes de ser liberado a la atmósfera.

Las fugas y explosiones accidentales de gas, aunque como se mencionó anteriormente ocurren en casos extremadamente raros, pueden provocar incendios que pueden resultar en la pérdida de vidas humanas, pérdida de vida silvestre, daños en propiedades y otras implicaciones graves para la salud.

Existe una tendencia a la migración hacia el área de influencia social de proyectos geotérmicos con fin de obtener empleo. En comunidades, un aumento de personas con un ingreso más alto de lo acostumbrado tiende a traer consigo aumento a acceso a sustancias y servicios ilícitos (alcoholismo, drogadicción, pros-

titución) que a su vez aumenta la inseguridad general de la zona. El flujo de personas también puede aumentar la presión en cuanto a servicios que prevén enfermedades o inseguridades (por ejemplo, agua potable, acceso a medicina preventiva o de primer auxilio, o servicio de policía o bomberos), existentes o nuevos.

La introducción de un proyecto geotérmico puede aumentar el riesgo de peligros e incidentes de tráfico asociados con las rutas de construcción del proyecto geotérmico y pueden haber impactos en la salud de la comunidad relacionados con la emisión de polvo durante la construcción que agravarán las condiciones existentes o causarán condiciones nuevas (por ejemplo, enfermedades respiratorias, oculares, cutáneas).

Sin embargo, el bajo costo y la confiabilidad asociados con la energía geotérmica pueden mejorar el acceso a la electricidad, lo que puede mejorar la salud y seguridad de la comunidad. Por ejemplo, la capacidad de los servicios de salud que brindan los hospitales está limitada en gran medida por el acceso a la energía (Broto y Kirshner, 2020).



2.5 VOLUMEN DE TRÁFICO

Los proyectos geotérmicos pueden generar interacciones entre el tráfico relacionado con el desarrollo y la construcción del proyecto y el tráfico cotidiano de la zona, así como ocasionar retrasos y reducción del acceso público, especialmente a las carreteras y tierras adyacentes del sitio del proyecto. El número de trabajadores, la capacidad de transporte compartido, las rutas, la frecuencia de los viajes y la distancia desde los campamentos/hospedaje de los trabajadores al sitio del proyecto son los principales factores que determinan el alcance de los impactos del tráfico. Los mayores impactos en el tráfico ocurren comúnmente durante la construcción, que incluye el transporte de trabajadores, materiales de construcción, maquinaria y herramientas. El transporte disminuye después de la construcción y, por lo tanto, se espera que los impactos al tráfico disminuyan durante las operaciones.

El uso de buques de carga para transportar equipos de perforación, así como suministros y equipos para centrales eléctricas y conductos de transmisión eléctrica puede afectar el tráfico marítimo y la capacidad portuaria. Sin embargo, el tráfico de embarcaciones de proyectos geotérmicos es más alto durante la construcción durante la entrega de equipos, materiales y suministros, pero disminuye significativamente durante la operación.

El tráfico pesado de camiones debido a la construcción del proyecto geotérmico puede resultar en desgaste y deterioro de las carreteras. Las carreteras que tienen grietas, baches o bordes dañados pueden producir retrasos en el tráfico y aumentar los riesgos de seguridad. Si no se mantienen o reparan los deterioros menores en las carreteras, pueden empeorar rápi-

damente. Además, el movimiento de camiones pesados puede suponer un riesgo para la seguridad de otros usuarios de la carretera.

2.6 GÉNERO

El BID mantiene que la igualdad de género contribuye a la reducción de la pobreza y da como resultado niveles más altos de capital humano para las generaciones futuras. Hombres y mujeres pueden verse afectados por proyectos geotérmicos desproporcionadamente. Los cambios en el uso de la tierra o la adquisición de tierras pueden afectar la disponibilidad de recursos naturales, lo que podría afectar a las mujeres que dependen de ellos para realizar sus actividades domésticas diarias, como para lavar y cocinar. Otras maneras en la que la mujer también podría verse afectada de manera diferente incluye las siguientes:

- Si es necesario el reasentamiento, debiéndose a normas culturales o barreras legales que favorecen los derechos de propiedad de los hombres, afectaría a las mujeres durante la compensación de bienes maritales. La capacidad de las mujeres para participar en las negociaciones durante el proceso de reasentamiento también podría verse obstaculizada.
- Con respecto a los beneficios de los proyectos, las mujeres también pueden verse desfavorecidas a la hora de aprovechar los mismos, como las oportunidades laborales y de capacitación.
- La afluencia de trabajadores extranjeros puede aumentar la inseguridad en las comunidades, lo que puede resultar en violencia de género, trato de personas, delitos, abuso de sustancias y la propagación de infecciones de transmisión sexual.



2.7 POBLACIONES INDÍGENAS Y SUS TERRITORIOS

Así como les puede brindar los beneficios mencionados en las Secciones 2.2 y 2.4 de este documento (Beneficios y oportunidades del Desarrollo Geotérmico y Empleo e Intereses Locales), el desarrollo geotérmico puede tener otros impactos en las comunidades indígenas y su conexión con la tierra. Comunidades indígenas alrededor del mundo utilizan los sitios geotérmicos para usos comunes como para bañarse, lavar, cocinar y para calentar hogares (ESMAP, 2019), así como para otros usos especializados únicos de las comunidades, como la producción de pintura, medicinas, curación y terapia (Kepinska, 2003). Los sitios geotérmicos también pueden tener un significado espiritual para las poblaciones indígenas. El desarrollo geotérmico puede restringir el acceso a estos recursos, haciéndolos no disponibles para su uso o afectando la conexión espiritual con la tierra. Además, es posible que las comunidades indígenas no tengan acceso a los beneficios del proyecto geotérmico. Sin embargo, a diferencia de otras fuentes de energía, la geotermia tiene impactos mínimos en los recursos hídricos, lo que beneficiaría a las comunidades indígenas que tienen conexiones espirituales con el agua. Las comunidades indígenas representan a los segmentos más pobres de LAC. La pobreza puede afectar la capacidad de las comunidades para recuperarse de los impactos del proyecto, como los impactos en la salud y seguridad debido a la afluencia de trabajadores extranjeros, aumento de ruido y exposición a emisiones de aire o incluso la capacidad de recuperarse por completo de un desplazamiento (BID, 2020b).

2.8 TURISMO

El desarrollo geotérmico puede tener efectos adversos para los sitios turísticos al aumentar el ruido y las actividades de construcción. Además, puede causar restricciones de acceso a las carreteras durante la construcción, lo que restringe el acceso a los visitantes. Aunque cualquier restricción de acceso a las carreteras será temporal, podría resultar en una reducción en el negocio turístico local. Sin embargo, el desarrollo geotérmico también tiene el potencial de beneficiar a las empresas turísticas locales debido a una mayor actividad de personas relacionadas al proyecto durante la construcción y operación de los proyectos geotérmicos. Se espera que este aumento de personas beneficie no solo a las empresas de turismo, como hoteles, pero también a los restaurantes y proveedores locales. Es posible que proyectos geotérmicos también conduzcan a un aumento del ecoturismo al proporcionar la infraestructura necesaria para acceder a las características geotérmicas, como volcanes, géiseres, fumarolas y aguas termales.

2.9 EMPLEO E INGRESOS

El desarrollo geotérmico también genera empleo directo por parte del proyecto geotérmico y desarrollo económico creado como resultado del empleo indirecto de los proveedores de bienes y servicios al proyecto (véase la Sección 2.4 Empleo e Intereses Locales). El empleo directo puede ocurrir durante la perforación y exploración, la construcción y puesta en servicio de plantas y la operación. Sin embargo, el empleo será mayor durante la construcción del proyecto.



Empleo directo

El nivel y la variedad de habilidades y la experiencia laboral aplicable disponible en las comunidades adyacentes pueden estar limitados por la educación y la capacitación en habilidades relevantes. Como resultado, la capacidad de adquirir un puesto y el desempeño exitoso una vez contratado favorecerán al personal experimentado (calificado) para los roles profesionales, la mayoría de los cuales probablemente provengan de otras regiones del país o del extranjero. Por lo tanto, es probable que las oportunidades de empleo operativo provengan de fuera de la comunidad local. A medida que el proyecto geotérmico avanza hacia el desmantelamiento y el cierre, habrá una disminución posterior en los requisitos de mano de obra.

Existe la posibilidad de que se generen sentimientos negativos dentro de la comunidad en relación con el empleo de mano de obra no local. En concreto, esto puede surgir en relación con:

- Expectativas de empleo local incumplidas y resentimiento entre la población local que está empleada por el proyecto geotérmico y la que desea trabajar pero no ha sido contratada, y entre los trabajadores locales y no locales si la población local percibe que los trabajadores extranjeros están recibiendo mejores salarios o condiciones por los mismos trabajos;
- Expectativas de capacitación y desarrollo de habilidades no cumplidas, ya que los puestos que serán ocupados por trabajadores locales en el área probablemente no sean calificados / semi-calificados y, a corto plazo, la capacitación de los trabajadores locales asociados con el proyecto geotérmico, si ocurre, se limitará a la formación necesaria para es-

tos puestos no calificados (o potencialmente semi-calificados); y

- Aumento de las tensiones dentro de las comunidades locales por el acceso a puestos de trabajo y debido a la presencia de trabajadores no locales en la zona.

Empleo indirecto

El personal de la planta y los contratistas pueden requerir varios vendedores y proveedores de servicios para satisfacer las necesidades operativas diarias del proyecto geotérmico y las necesidades domésticas de sus empleados. Esto podría incluir bienes y servicios, incluidos vendedores de alimentos, lavandería, suministro de vehículos y servicios de transporte, patrullas de seguridad y algunos equipos de construcción.

Además, los proyectos geotérmicos pueden inducir la actividad económica secundaria / terciaria debido a la presencia de trabajadores de la construcción, el campamento de trabajadores de la construcción y un pequeño personal operativo que requiere vivienda durante las operaciones, alimentos y otros tipos de recursos y servicios. Podría haber oportunidades para utilizar bienes y servicios locales para el proyecto geotérmico y las actividades relacionadas. A nivel local y regional, esto puede estimular cierto crecimiento para los productores locales, así como inducir el crecimiento en otras industrias como el comercio minorista, la hostelería y el transporte.

Además, los alojamientos para trabajadores pueden ubicarse en comunidades cercanas donde se alquilan habitaciones y casas, lo que resultará en la generación de ingresos adicionales para los residentes locales en las comuni-



dades afectadas por el proyecto.

2.10 PATRIMONIO CULTURAL

El desarrollo geotérmico puede afectar áreas o características de importancia cultural. La Tabla B2-1 proporciona una descripción de los recursos de patrimonio cultural que podrían verse potencialmente afectados por el desarrollo geotérmico.

Tabla B2-1:

Categorías de Recursos de Patrimonio Cultural

CATEGORÍA	DEFINICIÓN
Sitios arqueológicos	Restos físicos concentrados y modelados de la actividad humana pasada. Un recurso puede incluir artefactos, restos de plantas y animales, restos estructurales y características del suelo. Esta definición incluye sitios arqueológicos terrestres y marinos prehistóricos e históricos. Ejemplos: Ciudades, edificios y estructuras indígenas antes y después del contacto. Sitios europeos de exploración, conquista y período colonial, incluidos sitios industriales o infraestructura de importancia histórica.
Patrimonio histórico	Sobre el suelo, estructuras permanentes (edificios, monumentos, infraestructura, entre otros.) con valor histórico, cultural, religioso y / o artístico para las partes interesadas. Ejemplos: Ciudades y barrios históricos, centros de ciudades coloniales, puertos, canales, puentes, estaciones de ferrocarril, palacios, oficinas gubernamentales, catedrales, iglesias, instalaciones militares, mercados, teatros, entre otras.
Patrimonio vivo	Una estructura o característica del paisaje natural que es parte de una tradición cultural viva y / o donde se realizan o practican tradiciones culturales. Ejemplos: Iglesias, capillas, templos, santuarios y cruces en las carreteras, cementerios, entierros sin marcar, sitios naturales o construidos que son utilizados y / o valorados por una comunidad específica.

El desarrollo geotérmico puede causar:

- Daño o destrucción de sitios arqueológicos o de patrimonio vivo e histórico,
- Cambio temporal o permanente en el entorno de un sitio de patrimonio cultural que disminuye su valor percibido por las partes interesadas y pérdida temporal, o
- Cambios permanentes de acceso a un sitio de patrimonio cultural por las partes interesadas.

Las tierras y características geotérmicas son valoradas por muchas culturas, como los Maorí en Nueva Zelanda (ESMAP, 2019), los Maasai en Kenia (Marrita, 2002), las comunidades en Bali, Indonesia (Bayer et al., 2013), y los nativos de la isla de Hawái (Edelstein y Kleese, 1995). Los indígenas de la isla de Hawái creen que los sitios geotérmicos, como los volcanes, son sagrados y representan al volcán y a la diosa del fuego Pele, la creadora de las islas hawaianas. Debido a esto, un proyecto geotérmico propuesto en Hawái se encontró con la oposición de los indígenas (Edelstein y Kleese, 1995).



APÉNDICE



MECANISMOS DE
FINANCIAMIENTO PARA
PROYECTOS DE GEOTERMIA

El acceso a la financiación es crucial para el desarrollo de los recursos energéticos renovables, y aún más para la energía geotérmica por el gran costo inicial relacionado con la fase de exploración. Los factores que afectan el costo de las barreras para el desarrollo de la geotermia incluyen:

La necesidad de determinar la disponibilidad del recurso geológico con una campaña de perforación exploratoria;

El alto costo de capital inicial (durante la fase de perforación exploratoria) y el riesgo que este presenta incrementa el valor en riesgo (se requiere al menos un 35-40% de la inversión total sin tener certidumbre sobre el recurso);

Los costos de cada desarrollo varían considerablemente, pues dependen de las características específicas del recurso, la ubicación, el tamaño del proyecto y tipo de planta (vapor seco, *flash*, binaria), lo que aumenta la incertidumbre sobre las estimaciones de costos ex-ante;

Largos periodos de maduración de los proyectos desde el descubrimiento del recurso hasta la operación comercial (siete años en promedio); y

La necesidad de disposiciones regulatorias exhaustivas y un marco legal que proteja al desarrollador (BID, 2020a).



1.

FINANCIAMIENTO A NIVEL NACIONAL

Algunos países han creado fondos o mecanismos públicos que permiten financiar proyectos de energías renovables (por ejemplo, ver la Tabla D1-1). En el sector eléctrico a nivel nacional, las subastas y los incentivos fiscales constituyen los mecanismos de apoyo más generalizados; estos se describen a continuación.

Subastas

Las subastas constituyen el instrumento normativo más popular para el despliegue de las energías renovables en América Latina.

“Las subastas son procesos de contratación mediante licitación competitiva de electricidad procedente de energías renovables o en la que pueden participar las tecnologías de energías renovables. El producto licitado puede ser capacidad (MW) o energía (MWh). Los promotores de los proyectos que participan en la subasta presentan una oferta con un precio por unidad de electricidad por el que son capaces de realizar el proyecto. El gobierno evalúa las ofertas en base al precio y otros criterios y firma un contrato con la empresa adjudicataria, por lo general un acuerdo de compra de energía a largo plazo (Power Purchase Agreements o PPA, por sus siglas en inglés)” (IRENA, 2015).

Las subastas son un mecanismo competitivo que incentivan la innovación y aumentan la eficiencia de los desarrolladores, pueden ayudar a minimizar las primas, y les ofrecen a los desarrolladores estabilidad al reducir los riesgos asociados.

Incentivos Fiscales y No-Fiscales

Aunque los incentivos fiscales no tienen el propósito de ser mecanismos de mitigación de riesgo, en general, se crean para incentivar el desarrollo de los proyectos geotérmicos en sus etapas más riesgosas de exploración y perforación. Los incentivos fiscales no requieren de apoyo financiero de gobierno, aunque sí pueden implicar una pérdida de ingresos, así que cada gobierno debe hacer su propio análisis para determinar cuáles son los mecanismos más apropiados para reducir las barreras e incentivar el desarrollo geotermal (Holroyd y Dagg, 2011).

Los incentivos fiscales incluyen:

- Exención del IVA, u otros impuestos como el de los combustibles, de la renta, el carbono u otros impuestos locales
- Beneficios fiscales importación/exportación



- Garantías de préstamos
- Depreciación acelerada
- Subsidios de perforación (para la exploración)
- Subsidios de investigación (para el desarrollo de tecnologías nuevas)
- Metas de energía renovables (Cartera de Estándares de Energía Renovable) – metas establecidas por los gobiernos
- Pólizas de seguro – reembolsos u/o descuentos de impuesto para pozos ineficaces
- Esquemas de crédito de flujo continuo – incentivos para los inversores
- Tarifas reguladas/preferenciales – precio de compra garantizado (*Feed-in Tariff*)

Ejemplos de Incentivos Fiscales Alrededor del Mundo (NRDC, 2013; Sanyal et al., 2016; Rojas, 2015)

- Japón, Indonesia, Turquía – Tarifas reguladas/preferenciales de distribución (en inglés, *feed-in tariffs*), es decir garantías de precio, para la energía geotérmica.
- Estados Unidos – Crédito Fiscal por Inversión y el Crédito Fiscal/Tributario por Producción (*Production Tax Credit* o *PTC* en inglés)
- México – Deducción fiscal del 100% en energías renovables
- Filipinas e Indonesia – Exención de los impuestos a la importación de maquinaria para el desarrollo geotérmico
- Filipinas – Exención de todos los impuestos (excepto el impuesto sobre la renta) para los desarrolladores de proyectos geotérmicos
- Nicaragua – Exoneración del pago de: los derechos arancelarios de importación (DAI), impuesto de valor agregado (IVA), impuesto sobre la renta (IR), los impuestos municipales vigentes sobre bienes inmuebles, ventas y matrículas durante la construcción del proyecto, los impuestos que pudieran existir sobre la explotación de riquezas e impuesto de timbres fiscales (ITP) que pueda causar la construcción u operación del proyecto en diez años.

Otros incentivos no-fiscales, aquellos que no tienen valor monetario directo para los desarrolladores, que pueden ofrecer los gobiernos incluyen:

- Educación pública
- Capacitación
- Infraestructura (camino, líneas de transmisión)
- Apoyo al desarrollo y la investigación de tecnologías innovadoras.



2.

PROGRAMAS DE FINANCIAMIENTO MULTILATERAL

Los programas de financiamiento ofrecidos por las organizaciones multilaterales suelen buscar a) aportar fondos de donación y asistencia técnica que faciliten la estructuración del proyecto y las primeras actividades de caracterización del campo geotérmico, 2) aportar mecanismos de mitigación del riesgo asociado a la incertidumbre de las campañas de perforaciones de exploración, y 3) aportar préstamos concesionales que faciliten la construcción de la infraestructura. La fase de exploración del recurso, el cual es un proceso necesario y que con frecuencia requiere de hasta tres años, puede costar alrededor de US\$5-7 millones por pozo que suelen producir entre 3-5 MW cada uno, y tiene una tasa de éxito inicial de 50-60%, el cual incrementa a 80% para los restos después de que se obtiene un pozo exitoso (IFC, 2013), lo que supone un riesgo para el desarrollador y para la banca comercial. A continuación, se describen algunos de los programas de financiamiento existentes para proyectos geotérmicos en América Latina y el Caribe.

BID

Para los proyectos geotérmicos, el BID ha implementado un esquema de financiamiento que atiende a las diferentes etapas del desarrollo de los proyectos:

- Etapa temprana de exploración: el financiamiento consiste en donaciones en asistencias técnicas y donaciones de recuperación contingente para financiar pozos de exploración, de manera que si un pozo resulta exitoso en términos de capacidad de producción energética, la donación asignada a ese pozo se transforma en un préstamo concesional que será reembolsado mediante el cobro de la energía generada
- Construcción de las plantas y líneas de transmisión: préstamos concesionales o préstamos independientes.



Ejemplo de un Mecanismo de Financiamiento Innovador

Programa de Transferencia de Riesgo y Financiamiento del BID en México

Desarrollado por el BID con US\$54.3 millones de contribución del Fondo de Inversión Climática/ Fondo de Tecnología Limpia (CTF, por sus siglas en inglés) y con su propio capital ordinario. Es un programa de financiamiento a gran escala, a bajo costo y a largo plazo, que se diseñó en colaboración con la Secretaría de Energía (SENER), el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL) y Nacional Financiera (NAFIN). Esta nueva iniciativa facilita recursos para reducir los riesgos y costos en las actividades de perforación de pozos en la etapa inicial de exploración y en la construcción de plantas de energía geotérmica y líneas de transmisión, siendo ejecutada por NAFIN con el apoyo técnico del INEEL.

El programa permite a los titulares de permisos existentes obtener financiamiento contingente, mediante el otorgamiento de servicios de perforación para hasta cuatro proyectos con apoyo financiero para hasta tres pozos perforados cada uno. NAFIN financiará la fase de perforación con un esquema de donación contingente utilizando la contribución del CTF: si la exploración geotérmica no tiene éxito, los recursos que otorgó NAFIN se mantendrán como financiamiento no reembolsable. Si los resultados son positivos, en términos de capacidad energética producida, el financiamiento se convertirá en un préstamo concesional y el desarrollador lo repagará a través de los ingresos por venta de energía. Para garantizar la ejecución del Programa, el INEEL pedirá a los desarrolladores geotérmicos que contribuyan con al menos el 25 % del costo total del desarrollo geotérmico del pozo. Si el desarrollador luego suspendiese el proyecto, el INEEL asumiría la concesión hasta que la Secretaría de Energía pueda hacer una nueva oferta para el desarrollo. Aunque la NAFIN ya tiene programas de financiamiento para el desarrollo geotérmico, el apoyo del BID hace posible ofrecer una línea de crédito para las fases de exploración de recursos geotérmicos y también para la construcción de plantas. NAFIN también puede financiar la rehabilitación y/o expansión de plantas geotérmicas existentes y líneas de transmisión asociadas con el proyecto geotérmico (Gischler et al. 2020).

El Grupo del Banco Mundial (Banco Mundial)

El Banco Mundial financia proyectos en América Latina y el Caribe a través de préstamos en condiciones concesionales, tradicionales y donaciones mediante múltiples fondos y el Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de la Energía (ESMAP, por sus siglas en inglés),

que lidera el Plan de Desarrollo Geotérmico Global (GGDP, por sus siglas en inglés), una iniciativa que moviliza nuevos fondos para las fases iniciales de la inversión y exploración geotérmica (BID, 2020b).



Japan International Cooperation Agency (JICA)

Para promover iniciativas geotérmicas regionales, JICA colabora con otros donantes de la región y apoya a través del desarrollo de recursos, obras de ingeniería civil para la construcción centrales eléctricas, adquisición de generadores y equipos relacionados, y servicios de consultoría. JICA ha apoyado con el financiamiento de proyectos en Costa Rica y en Bolivia (BID, 2020b; JICA, 2017; Gischler et al. 2020).

Banco de Desarrollo KfW

El Banco de Desarrollo Alemán KfW y la Unión Europea, en coordinación con todos los donantes relevantes de América Latina ha lanzado el Fondo de Desarrollo Geotérmico (GDFLA, por sus siglas en inglés), establecido a finales del 2016 para comenzar proyectos en el 2017. El propósito del GDFLA, con un volumen de inversión total de más de 1 billón de euros, es financiar promotores públicos y privados en diez países, específicamente Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua en América Central y Bolivia, Chile, Ecuador, Colombia y Perú en América del Sur, para llegar a una capacidad instalada de 350 MW en energía geotermal (KfW, 2017; BID, 2020b; Gischler et al. 2020).

Fondo para el Desarrollo Geotérmico en América Latina (GDFLA)

En América Latina y el Caribe, el GDFLA proporciona donaciones para ayudar a los desarrolladores a explorar y localizar los recursos geotérmicos y luego proporciona donaciones de contingencia que mitigan los riesgos financieros relacionados a la perforación de los primeros pozos que confirman la viabilidad económica de los proyectos. El GDFLA es basado en

el Fondo de Mitigación de Riesgo Geotérmico (GRMF por sus siglas en inglés) desarrollado por KfW junto con la Unión Africana, que ha sido no solo popular pero también exitoso en el este de África. El GDFLA proporciona fondos de donaciones para que los desarrolladores realicen estudios de superficie geológica y donaciones de contingencia para ayudar con el alto costo de perforar hasta tres pozos, además promueve el desarrollo de políticas responsables y sensibles en la región a través del patrocinio de foros de asistencia técnica (DGFLAC, 2016).

El GDFLA estimula el mercado y fomenta el desarrollo responsable de los recursos naturales ayudando a los desarrolladores con las inversiones iniciales y a los formuladores de políticas a desarrollar regulaciones, leyes y políticas sensatas.



APÉNDICE

D

MARCO REGULATORIO DE
PROYECTOS GEOTÉRMICOS
EN LA REGIÓN

1. REGULACIONES Y POLÍTICAS NACIONALES

Muchos países de América Latina y el Caribe están interesados en diversificar sus fuentes de energía para la seguridad energética y contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero. Las fuentes de energía renovable no tradicionales, que incluyen energía geotérmica, eólica, solar e hidroeléctrica a pequeña escala, han recibido mucha atención para alcanzar estos objetivos (McCarthy y Henderson, 2014).

Aunque se ha utilizado por muchos años y ha visto avances significativos recientemente, la energía geotérmica es una tecnología que no se ha implementado mucho a nivel mundial. Para la promover el crecimiento del desarrollo geotérmico a nivel nacional es importante que se implementen políticas y mecanismos apropiados y se establezcan metas en las estrategias de crecimiento nacional que apoyen su desarrollo. A su vez, es importante para los desarrolladores de proyectos geotermiales comprender la situación de la legislación geotermal en cada país antes de emprender un proyecto. La madurez de la legislación geotermal varía de país a país y muchas veces no tiene que ver con los recursos geotermiales disponibles y tampoco con la cantidad de proyectos geotermiales ya desarrollados en ese país (ESMAP, 2018, IRENA,

2019c). Basándose en los análisis de mercados de energía renovable en América Latina y en el Caribe que se han realizado en los últimos años y entendiendo que las políticas habilitadoras han desempeñado un papel decisivo en la utilización de las energías renovables en la región, la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA por sus siglas en inglés), se ha enfocado y comprometido con la región en apoyar el desarrollo de políticas de energía renovable, el financiamiento y la integración a la red, incluso a través de iniciativas con los países de la región como un Plan de Acción Regional en América Central y la iniciativa Corredor Centroamericano de Energía Limpia (CECCA) (IRENA, 2019c).

En América Latina y el Caribe se han diseñado e implementado varios instrumentos legales y regulatorios. En términos generales, estos instrumentos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Adopción de legislación específica a energía renovable no tradicional;
- Establecimiento de objetivos cuantitativos de energía renovable no tradicional;
- Establecimiento de suplementos de precio



y/o garantías para el desarrollo de estas fuentes de energía (por ejemplo, tarifas reguladas, o Feed-in Tariffs [(FiTs)] en inglés, donde las compañías de distribución o transmisión se encuentran obligadas a comprar la energía a tarifas fijas establecidas por contrato);

- Adopción de incentivos fiscales, e
- Inversión en cambios estructurales en el sector energético (McCarthy y Henderson, 2014).

La adopción de legislación específica a energía renovable no tradicional, o la adopción de legislación del sector energético con secciones sobre energía renovable no tradicional, es un primer paso en apoyo a su desarrollo, seguido por el desarrollo e implementación de instrumentos regulatorios específicos (McCarthy y Henderson, 2014). La Tabla D1-1 muestra los países que aplican incentivos fiscales para el uso de las energías renovables al igual que sus políticas e instrumentos reguladores.

Tabla D1-1:

Políticas de Energías Renovables en América Latina, 2015

	POLÍTICA NACIONAL								INCENTIVOS FISCALES								ACCESO A LA RED						INSTRUMENTOS REGULADORES						FINANZAS						OTROS										
	Objetivo de energías renovables	Estrategia/ley de energías renovables	Ley/programa de energía solar térmica	Ley/programa de energía solar	Ley/programa de energía eólica	Ley/programa de energía geotérmica	Ley/programa de biomasa	Ley/programa de biocombustibles	Exención del IVA	Exención del impuesto sobre los combustibles	Exención del impuesto de la renta	Beneficios fiscales importación/exportación	Exención nacional de impuestos locales	Impuesto sobre el carbono	Depreciación acelerada	Otros beneficios fiscales	Descuento/exención en la transmisión	Transmisión prioritaria/dedicada	Acceso a la red	Despacho preferente	Otros beneficios de red	Subastas	Tarifa regulada	Prima	Cuota	Sistema de certificados	Híbrido	Balance neto	Mandato de mezcla de etanol	Mandato de mezcla de biodiésel	Mandato solar	Registro	Cobertura de divisa	Fondo específico	Fondo elegible	Garantías	Apoyo previo a la inversión	Financiación directa	Energías renovables en la vivienda social	Energías renovables en programas de acceso rural	Programa de energías renovables en cocinas	Requisitos de contenido local	Normativa medioambiental especial	Nexo alimentos/bioenergía	Requisitos sociales
Argentina																																													
Belice																																													
Bolivia																																													
Brasil																																													
Chile																																													
Colombia																																													
Costa Rica																																													
Ecuador																																													
El Salvador																																													
Guatemala																																													
Guyana																																													
Honduras																																													
México																																													
Nicaragua																																													
Panamá																																													
Paraguay																																													
Perú																																													
Suriname																																													
Uruguay																																													
Venezuela																																													
TOTAL (Activo)	19	11	4	4	2	6	8	11	9	6	10	12	5	2	5	12	7	3	8	5	6	12	4	3	4	2	6	10	7	6	4	4	10	9	9	6	11	11	5	18	4	5	5	4	5

■ Activo; ■ Expirado, sustituido o inactivo; ■ Nivel subnacional; ■ En desarrollo

Para detalles específicos sobre políticas nacionales concretas, consúltense el informe de política sobre energía renovable pertinente de IRENA (IRENA, 2015a)



La legislación específica que cubre la energía geotermal varía de país a país y puede incluir:

- Legislación sobre la industria de la electricidad
- Leyes específicas a la energía geotermal
- Leyes de minería (por sus similitudes durante la fase de exploración y los minerales que existen en las aguas geotermiales)
- Leyes del uso/recursos de agua (sobre todo cuando los recursos se encuentran cerca de la superficie)

- Otras leyes (leyes existentes de petróleo por la manera similar de extracción)

- Leyes múltiples (cubren varios temas)

La Tabla D1-2 presenta una lista de los países en ALC e indica si existen o no regulaciones sobre la geotermia y muestra que existe una correlación entre regulaciones existentes y la capacidad instalada de diferentes fuentes de energía en el año 2019.

Tabla D1-2:

Regulaciones sobre la Geotermia y Capacidad Instalada de Diferentes Fuentes de Energía en América Latina y el Caribe

PAÍS	REGULACIONES GEOTERMALES EXISTENTES (2018)	CAPACIDAD INSTALADA NO- RENOVABLE (MW)	CAPACIDAD INSTALADA RENOVABLE (MW) (TOTAL, INCLUYE HIDRO/ MARINA, SOLAR, VIENTO, BIOENERGÍA Y GEOTERMAL)	CAPACIDAD INSTALADA GEOTERMAL (MW)
Anguila (UK)		24	2	0
Antigua and Barbuda		81	8	0
Aruba		258	38	0
Bahamas		576	2	0
Barbados		267	25	0
Belize		91	103	0
Bonaire		27	18	0
Islas Vírgenes		60	1	0
Islas Caimanes		161	11	0
Costa Rica	SI	474	3.146	262
Cuba		5.905	797	0
Dominica	SI	17	5	0
República Dominicana		4.247	1.314	0
El Salvador	SI	757	1.474	204



PAÍS	REGULACIONES GEOTERMALES EXISTENTES (2018)	CAPACIDAD INSTALADA NO- RENOVABLE (MW)	CAPACIDAD INSTALADA RENOVABLE (MW) (TOTAL, INCLUYE HIDRO/ MARINA, SOLAR, VIENTO, BIOENERGÍA Y GEOTERMAL)	CAPACIDAD INSTALADA GEOTERMAL (MW)
Granada	SI	54	3	0
Guadalupe		413	185	15
Guatemala	SI	1.245	2.870	52
Haití		390	81	0
Honduras		1.081	1.742	35
Jamaica		1.086	254	0
Nicaragua	SI	888	731	153
México	SI	61.789	25.648	952.7
Panamá		1.819	2.296	0
San Cristóbal y Nieves	SI	67	4	0
Santa Lucía	SI	88	4	0
San Vicente y las Granadinas	SI	46	8	0
Trinidad y Tobago		2.155	3	0
Argentina		27.594	12.689	0
Bolivia		2.458	1.036	0
Brasil		28.257	141.933	0
Chile		12.926	11.488	40
Colombia	SI	5.664	12.375	0
Ecuador	SI	3.409	5.279	0
Guyana Francesa		138	170	0
Guyana		306	53	0
Paraguay		26	8.832	0
Perú	SI	8.411	6.600	0
Surinam		345	189	0
Uruguay		1.190	3.741	0
Venezuela		16.844	16.598	0



PAÍS	REGULACIONES GEOTERMALES EXISTENTES (2018)	CAPACIDAD INSTALADA NO- RENOVABLE (MW)	CAPACIDAD INSTALADA RENOVABLE (MW) (TOTAL, INCLUYE HIDRO/ MARINA, SOLAR, VIENTO, BIOENERGÍA Y GEOTERMAL)	CAPACIDAD INSTALADA GEOTERMAL (MW)
Totales		190.444	252.286	1.697

Fuente: Tabla elaborada por ERM utilizando información de las siguientes fuentes: IRENA, 2020; ESMAP, 2018; IRENA, 2015; BID, 2014

Cuando se está desarrollando un proyecto geotérmico, el proceso de pre-evaluación debe incluir los siguientes pasos:

- Identificar sitios geotérmicos y determinar qué estatutos, políticas, entidades o personas controlan los derechos de acceso y desarrollo de esos sitios.
- Hacer un inventario y conciliar todas las leyes y regulaciones existentes que puedan afectar el desarrollo geotérmico.
- Identificar todos los gobiernos e instituciones locales y nacionales que pueden emitir cualquier autorización que controle de alguna manera el desarrollo geotérmico, incluyendo autorizaciones secundarias como permisos de construcción emitidos por jurisdicciones locales.



2. ESTÁNDARES INTERNACIONALES

Para la mitigación de riesgos ambientales y sociales relacionados con proyectos de desarrollo, muchos de los bancos de desarrollo cuentan con políticas y estándares, o implementan políticas y estándares ya establecidos y reconocidos a nivel mundial como los del grupo del Banco Mundial. A continuación, se describen las políticas y estándares más relevantes en la región.

2.1 MARCO DE POLÍTICA AMBIENTAL Y SOCIAL DEL BID

El 31 de octubre de 2021, entró en vigor el nuevo Marco de Política Ambiental y Social (MPAS)¹⁹ del BID. El MPAS reemplaza las siguientes políticas de salvaguardias ambientales y sociales operacionales del BID (que siguen vigentes para proyectos aprobados anteriormente): Política de Medio Ambiente y Cumplimiento de Salvaguardias (OP-703), Política de Gestión del Riesgo de Desastres (OP-704), Política de Reasentamiento Involuntario (OP-710), Política de Igualdad de Género en el Desarrollo (OP-761), y política de los pueblos indígenas (OP-765).

El MPAS está comprendido por la Declaración de Política y 10 Normas de Desempeño Ambientales y Sociales (NDAS) que reflejan los compromisos del Banco de maximizar los resultados ambientales y sociales positivos de los

proyectos financiados por el Banco y, al mismo tiempo, minimizan los riesgos y los impactos negativos para las personas y el medio ambiente. El MPAS incluye disposiciones sólidas para garantizar los derechos humanos, el trabajo, la salud y la seguridad de la comunidad, e incluye disposiciones nuevas o mejoradas para personas con discapacidades, grupos vulnerables, indígenas, afrodescendientes u otros grupos tradicionales y considera los riesgos para los trabajadores y las comunidades, entre los que se encuentran los asociados con las pandemias. El MPAS también refuerza los compromisos permanentes con la igualdad de género, la participación de las partes interesadas, la resiliencia a los desastres y el cambio climático, la minimización de las emisiones de GEI y la protección del capital natural de la región.

19 <https://www.iadb.org/es/mpas>



Las normas de desempeño establecen los requisitos que los prestatarios deben cumplir durante el ciclo de vida del proyecto:

- **NDAS 1- Evaluación y gestión de los riesgos e impactos ambientales y sociales.** Esta norma establece la responsabilidad del prestatario de evaluar y gestionar los riesgos e impactos ambientales y sociales (A&S) asociados con los proyectos apoyados por el Banco, para lograr resultados A&S consistentes con el resto de las normas. También establece el papel central del Sistema de Gestión A&S (SGAS) como un proceso dinámico y continuo, que debe ser implementado por el prestatario y debe contar con el compromiso y participación efectiva de las partes interesadas. El SGAS promueve un desempeño ambiental y social sostenible y puede conducir a mejores resultados financieros, ambientales y sociales. También promueve el uso de un mecanismo de reclamación eficaz para promover la rendición de cuentas y la transparencia.
- **NDAS 2 - Trabajo y condiciones laborales.** El crecimiento económico mediante la creación de empleo y la generación de ingresos se debe acompañar de la protección de los derechos fundamentales de los trabajadores. La fuerza laboral es un activo valioso y las buenas relaciones entre los trabajadores y el empleador son un ingrediente esencial de la sostenibilidad de la empresa. Sin esas relaciones, puede disminuir el compromiso del trabajador y dificultar su retención en la empresa, lo que puede poner en riesgo un proyecto. En cambio, las relaciones constructivas entre los trabajadores y el empleador, sumadas a un trato justo y a condiciones de trabajo seguras y saludables, pueden generar beneficios tangibles, como aumentar la eficiencia y productividad.
- **NDAS 3 – Eficiencia en el uso de los recursos y prevención de la contaminación.** Al aumentar las actividades económicas y la urbanización se suelen generar mayores niveles de contaminación del aire, el agua y la tierra y se consumen recursos finitos, lo que puede poner en riesgo a la población y al medio ambiente a nivel local regional y mundial. Esta norma describe cómo gestionar recursos, prevenir y controlar la contaminación y evitar y minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero, partiendo de la jerarquía de mitigación. La norma reconoce el impacto desproporcionado que la contaminación, tiene en los sectores más vulnerables de la población. Asimismo, reconoce el concepto y práctica de la economía circular y la recuperación de recursos, de crear u obtener productos utilizables y valiosos a partir de ciertos materiales de desecho.
- **NDAS 4 - Salud y seguridad de la comunidad.** Las actividades, los equipos y la infraestructura de un proyecto pueden aumentar la exposición de la comunidad a riesgos e impactos, incluyendo aquellos causados o exacerbados por las amenazas naturales y el cambio climático. Esta norma hace referencia a la responsabilidad del prestatario de evitar o minimizar los riesgos e impactos que las actividades del proyecto puedan suponer para la salud y la seguridad de la comunidad, prestando especial atención a los grupos vulnerables. También aborda la responsabilidad del prestatario de evitar o minimizar los riesgos e impactos para el proyecto mismo derivados de amenazas naturales o del cambio climático.



- **NDAS 5 - Adquisición de tierras y reasentamiento involuntario.** La adquisición de tierras y las restricciones sobre el uso del suelo relacionadas con un proyecto pueden tener impactos adversos para quienes usan dichas tierras. El reasentamiento y económico como resultado de la adquisición de tierras o las restricciones sobre el uso del suelo, cuando las personas desplazadas no tienen derecho a negarse. Para evitar empobrecer a las personas afectadas o causarles penurias prolongadas, el reasentamiento involuntario debe evitarse, pero cuando resulte inevitable, tendrá que minimizarse y aplicar medidas para mitigar los impactos adversos.
- **NDAS 6 - Conservación de la biodiversidad y gestión sostenible de recursos naturales vivos.** La protección y conservación de la biodiversidad, el mantenimiento de los servicios ecosistémicos y la gestión sostenible de los recursos naturales vivos son fundamentales para el desarrollo sostenible. Esta norma se basa en la definición de biodiversidad como variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas. La norma busca la conservación de los cuatro tipos de servicios ecosistémicos de los que las personas obtienen beneficios.
- **NDAS 7 - Pueblos indígenas.** La norma establece el respeto de los derechos de los pueblos indígenas. Se busca evitar, minimizar y/o compensar impactos adversos y riesgos de los proyectos, a la vez que promover beneficios y oportunidades de desarrollo en una manera culturalmente apropiada. Se reconoce que dichos pueblos pueden ser particularmente vulnerables si se afectan sus tierras y recursos naturales, o si amenazan su cultura. Bajo ciertas circunstancias, el prestatario deberá obtener el Consentimiento Libre, Previo e Informado de las comunidades indígenas afectadas. La norma resalta las condiciones especiales de ciertos pueblos, tales como los transfronterizos y en situación de aislamiento y contacto inicial. Se destaca la importancia de un relacionamiento temprano, continuo y culturalmente apropiado con los pueblos indígenas.
- **NDAS 8 - Patrimonio cultural.** Reconoce la importancia del patrimonio cultural para las generaciones actuales y futuras. De conformidad con la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural, esta norma de desempeño tiene el objetivo de asegurar que los prestatarios protejan el patrimonio cultural al llevar a cabo actividades en el marco de sus proyectos. Además, los requisitos de la presente norma relativos al uso del patrimonio cultural por parte de un proyecto se basan, en parte, en las normas dictadas por el Convenio sobre la Diversidad Biológica.



- **NDAS 9 - Igualdad de género.** La igualdad de género tiene un valor intrínseco: no es solamente una cuestión de justicia y derechos humanos, sino también un propulsor del desarrollo sostenible. Esta norma reconoce, independientemente del contexto cultural o étnico, el derecho a la igualdad entre personas de todos los géneros. La búsqueda de igualdad requiere acciones en pro de la equidad, reconociendo que la existencia de brechas puede perjudicar a personas de todos los géneros. Se busca identificar los posibles riesgos e impactos de género e introducir medidas para evitarlos, prevenirlos o mitigarlos y así eliminar la posibilidad de crear desigualdades o reforzar las preexistentes.
- **NDAS 10 - Participación de las partes interesadas y divulgación de información.** Una interacción abierta y transparente entre el prestatario y las partes interesadas es un elemento clave que puede mejorar la sostenibilidad ambiental y social de los proyectos, aumentar su aceptación y contribuir sustancialmente a su elaboración y ejecución con éxito. Asimismo, es congruente con el objetivo de implementar los derechos de acceso a la información ambiental, la participación pública en el proceso de toma de decisiones ambientales y el acceso a la justicia en asuntos ambientales. Esta norma debe ponerse en práctica de forma conjunta con el resto de las normas de la política para asegurar su adecuado cumplimiento.

Además, sigue vigente la Política de Acceso a Información:

- **OP-102: Política de Acceso a Información (2011).** Con esta Política el Banco busca demostrar el uso transparente que hace de los fondos públicos y, al estrechar sus relaciones con los interesados, mejorar la calidad de sus operaciones y actividades de conocimiento y fortalecimiento de capacidad. El banco divulgará la información generada por el Banco y se compromete a proveer máximo acceso a la información, siempre y cuando la divulgación de información no sea más perjudicial que benéfica para los intereses, entidades o partes afectados, que el Banco esté legalmente obligado a abstenerse de divulgar la información o que ésta se haya recibido en el entendido de que no será divulgada.



2.2 GRUPO BANCO MUNDIAL – CORPORACIÓN FINANCIERA INTERNACIONAL

Las políticas de la Corporación Financiera Internacional (IFC por sus siglas en inglés), que forma parte del Grupo del Banco Mundial, ayudan al IFC y a sus clientes a gestionar y mejorar el desempeño ambiental y social mediante y ofrecen una base sólida a partir de la cual los clientes pueden aumentar la sostenibilidad de sus operaciones comerciales. Las Normas de Desempeño²⁰ de la IFC son una referencia internacional y han sido adoptadas por muchas organizaciones como un componente clave de su gestión del riesgo ambiental y social.

En muchos países, en materia ambiental y social, el alcance y el objetivo de las Normas de Desempeño de IFC está contemplado total o parcialmente en el marco reglamentario nacional. Las Normas de Desempeño de IFC cubren los siguientes ocho temas:

- Norma de Desempeño 1 -- Evaluación y Gestión de los Riesgos e Impactos Ambientales y Sociales:
 - La Norma de Desempeño (ND) 1 destaca la importancia de la gestión ambiental y social durante un proyecto. Establece una serie de objetivos específicos para los cuales tienen como ende minimizar riesgos e impactos ambientales o sociales, y apoyar el desarrollo sostenible del proyecto y del entorno donde este mismo se ubica. Los objetivos incluyen los siguientes:
 - Determinar y evaluar los riesgos y los impactos ambientales y sociales del proyecto;
 - Adoptar una jerarquía de medidas de mitigación para prever y evitar, o en su defecto minimizar, y, cuando existan impactos residuales, restaurar/compensar los riesgos y los impactos sobre trabajadores, las Comunidades Afectadas y el medio ambiente;
 - Promover un mejor desempeño ambiental y social de los clientes mediante el empleo eficaz de los sistemas de gestión;
 - Garantizar que las quejas de las Comunidades Afectadas y las comunicaciones externas de otros actores sociales reciban respuesta y se manejen de manera adecuada; y
 - Promover una participación adecuada de las comunidades afectadas y suministrar los medios para esta participación durante todo el ciclo del proyecto, en los asuntos que pudieran afectarlas, y garantizar que se dé a conocer y divulgue la información ambiental y social pertinente.

20 https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/55d37e804a5b586a908b9f8969adcc27/PS_Spanish_2012_Full-Documents.pdf?MOD=AJPERES



- Norma de Desempeño 2 -- Trabajo y Condiciones Laborales: La ND 2 reconoce que la búsqueda del crecimiento económico a través de la creación de empleo y la generación de ingresos debe estar acompañada por la protección de los derechos básicos de los trabajadores. Esta norma se basa en gran parte sobre convenciones e instrumentos internacionales tal como los de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y las Naciones Unidas. Esta norma busca promover el trato justo, incluyendo, la no discriminación y la igualdad de oportunidades, proteger trabajadores promoviendo condiciones de trabajo seguras y saludables, y prevenir el uso de trabajo forzoso.
- Norma de Desempeño 3 – Eficiencia del Uso de los Recursos y Prevención de La Contaminación: Esta Norma busca gestionar los aumentados niveles de contaminación de aire, agua y tierra, y el consumo extenso de recursos finitos generalmente asociados con el aumento de actividades económicas y urbanización. La ND 3 reconoce que aunque el desarrollo es crítico para la mejora de la calidad de vida, que existe un contrapeso donde este mismo desarrollo podría traer riesgos a la salud y la resiliencia de comunidades locales y regionales y más asociados con un aumento de gases de efectos invernaderos y pérdida de recursos que aportan servicios ecosistémicos.
- Norma de Desempeño 4 -- Salud y Seguridad de la Comunidad: La ND 4 se enfoca en la gestión de los impactos a la salud y la seguridad de la comunidad que pueden resultar a causa de las actividades de infraestructura y equipos asociados directamente con el proyecto. Esta norma busca anticipar y evitar impactos adversos para la salud y la seguridad – incluyendo aspectos de seguridad física, aumento de conflicto, cambios sociales y aumento de accesos a sustancias nocivas. También busca salvaguardar los derechos humanos de comunidades particularmente en el contexto de interacciones con miembros de equipos de seguridad de los proyectos.
- Norma de Desempeño 5 – Adquisición de Tierras y Reasentamiento Involuntario: La ND 5 se enfoca en los posibles impactos asociados con la adquisición de tierras y las restricciones sobre el uso de la tierra relacionadas con un proyecto los cuales pueden tener impactos adversos sobre las comunidades y las personas que usan dichas tierras. Esta norma limita su alcance solamente a transacciones donde individuos o grupos pierden acceso a tierras de las cuales son propietarios, usuarios de costumbre, u ocupantes. Debido a que no hay reasentamiento involuntario en el Área de Influencia del proyecto, esta norma no es aplicable.



- Norma de Desempeño 6 -- Conservación de la Biodiversidad y Gestión Sostenible de Recursos Naturales Vivos: La ND 6 reconoce que la protección y la conservación de la biodiversidad, el mantenimiento de los servicios ecosistémicos y el manejo sostenible de los recursos naturales vivos son fundamentales para el desarrollo sostenible. Los objetivos de esta norma se enfocan en la protección y manutención de la biodiversidad y los beneficios derivados del ecosistema, además del manejo sostenible de los recursos naturales vivos.
- Norma de Desempeño 7 – Pueblos Indígenas: La ND 7 atiende la vulnerabilidad adicional que pueden sentir comunidades indígenas debido a la relación estrecha que pueden tener con la tierra y los recursos naturales que disfrutan, además de su probable vulnerabilidad política, económica, social y jurídica, lo cual minimiza su capacidad para absorber riesgos e impactos negativos en su entorno. Debido a que no hay comunidades indígenas en el Área de Influencia del proyecto, esta norma no es aplicable.
- Norma de Desempeño 8 – Patrimonio Cultural: La ND 8 reconoce la importancia del patrimonio cultural para las generaciones actuales y futuras. Tiene como objetivo proteger el patrimonio cultural contra los impactos adversos del proyecto, y el fomentar la distribución equitativa de los beneficios derivados del uso del mismo.

Además de las ocho Normas de Desempeño descritas, el IFC también ha publicado las Guías Generales de Medio Ambiente, Salud y Seguridad (MASS)²¹. Estas guías son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la Buena Práctica Internacional para la Industria. Contienen los niveles y los indicadores de desempeño que generalmente pueden alcanzarse en instalaciones nuevas, con la tecnología existente y a costos razonables. Específica a la energía geotérmica, el IFC ha publicado como marco de referencia la Guía para la Generación de Electricidad Geotérmica (2007) y otras guías que pueden ser relevantes como la Guía para Trasmisión y Distribución de Energía Eléctrica (2007).

21 https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/sustainability-at-ifc/policies-standards/ehs-guidelines

