

**Programa: Islandia - Nicaragua:
Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades
Geotermia 2008 – 2012**

**Componente: Informe de la Evaluación Final Externa del Proyecto
de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia 2008 – 2012**



Elaborado para el Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional de Nicaragua –
Ministerio de Energía y Minas, Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales y
el Gobierno de Islandia – Agencia Islandesa de Desarrollo Internacional
por Alta Consulting y Reykir Consulting

Informe elaborado por:

ALTA Consulting

Ármúli 32, 108 Reykjavík, Iceland Tel: +354-582-5000 Fax: +354-582-5001
alta@alta.is - www.alta.is

Reykir Consulting

Logaland 10, 108 Reykjavík, Iceland Tel: +354-8619689

RECONOCIMIENTOS

Los miembros del Equipo de Evaluación Final Externa (EEFE) quisieran expresar su agradecimiento a todos aquellos/as que contribuyeron con su tiempo y conocimientos a la elaboración de este Informe por medio de entrevistas, discusiones y ayuda de distinto tipo (véase el Anexo II). En particular, quisiéramos agradecer a los coordinadores del proyecto, Gioconda Guevara, Mario González y Engracia Merlo, así como a Stefán Jón Hafstein y Gísli Pálsson de ICEIDA y Thráinn Fridriksson, gerente de proyecto por parte de Iceland Geosurvey (ISOR). Además, reconocemos a las siguientes personas por sus valiosas contribuciones a nuestro informe: Sra. Lorena Lanza vice-ministro del MEM, Luís Molina, Ernesto Ramón Martínez, Francisco Ruiz, Juana Ruiz, Roberta Quintero, Azucena del Carmen Espinales Martínez e Isaura Porras Cruz, todos/as funcionarios/as del MEM; Sr. Roberto Araquistain Cisneros, Luis Fiallos P., Engracia Merlo, Petrona Gago y Liliana Díaz, del MARENA; Francis Rodríguez y Elieth Blandford Archibold, del MINREX; Leonardo Mendoza, Jorge Cisne y Maritza Vargas de la UNAN-LEÓN; José Antonio Rodríguez and Magdalena Pérez de POLARIS; y Víctor Valencia y Guillermo Chávez de GEONICA.

Asimismo quisiéramos reconocer la cooperación y asistencia que nos brindaron los expertos islandeses que han trabajado en el Proyecto: Benedikt Steingrímsson, Halldór Ármannsson, Sigurdur Gardar Kristinsson de ÍSOR; Thóroddur F. Thóroddsson, Helgi Jensson y Sigurrós Fridrikssdóttir de la Agencia Nacional de Ordenamiento Territorial; Engilbert Gudmundsson, Sighvatur Björgvinsson, Gísli Pálsson y Geir Oddsson de ICEIDA, y los asesores contratados por ICEIDA, Thorkell Helgason y Thorleifur Finnsson.

Ana María Gonzáles y Roberto Renderos, ambos de El Salvador, también contribuyeron al PFCG, pero desafortunadamente el EEFE no tuvo la oportunidad de reunirse con ellos debido a las vacaciones navideñas y de año nuevo.

A David Traumann nuestro agradecimiento por su ayuda y flexibilidad en el proceso de traducción. Asimismo, expresamos nuestro sincero agradecimiento a Liliana Díaz por su iniciativa y ánimo en la preparación de los estudios de fragmentación forestal de los diez (10) campos de alta entalpía conocidos.

ÍNDICE

RECONOCIMIENTOS	1
ÍNDICE	2
SIGLAS	4
0. RESUMEN EJECUTIVO	7
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 PROPÓSITO Y ALCANCE DE LA EVALUACIÓN FINAL EXTERNA	14
1.2 ALCANCE DEL PROYECTO DE FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES EN GEOTERMIA	14
2. EL CONTEXTO DEL PFCG	17
2.1 EL SISTEMA ENERGÉTICO Y LA UTILIZACIÓN DE ELECTRICIDAD EN NICARAGUA	18
2.2 RECURSOS ENERGÉTICOS EN NICARAGUA	18
2.3 PLANES DE DESARROLLO ENERGÉTICO EN NICARAGUA	19
2.4 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS EN NICARAGUA	20
2.5 PAPEL INSTITUCIONAL DEL DESARROLLO GEOTÉRMICO EN NICARAGUA	22
2.6 CONTEXTO GON E ICEIDA	23
3. PERFIL DEL PROYECTO DE FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES EN GEOMETRIA	24
3.1. INFORMACIÓN GENERAL	26
3.2 SOCIOS, INSTITUCIONES EJECUTORAS Y PARTICIPACIÓN DE PARTES INTERESADAS	29
3.3 ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DEL PFCG	29
3.4 OBJETIVO, COMPONENTES, ACTIVIDADES Y PRODUCTOS	31
3.5 HITOS DEL PROYECTO	34
4. METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO	35
4.1 EQUIPO DE EVALUACIÓN, TEMAS Y PREGUNTAS	36
4.2 METODOLOGÍA Y RECOLECCIÓN DE DATOS	38
4.3 PRINCIPALES RETOS: EVALUACIONES Y LIMITACIONES	39
5. HALLAZGOS	41
5.1 EVALUACIÓN Y ESTADO DE EJECUCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL PROYECTO	42
5.2 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL PFCG POR LOS SOCIOS Y PARTES INTERESADAS	56

5.3 PERTINENCIA, EFICIENCIA, IMPACTO, EFECTIVIDAD Y SOSTENIBILIDAD DE LOS RESULTADOS	63
5.4 EVALUACIÓN DEL COMPROMISO DEL GOBIERNO DE NICARAGUA	66
5.5 EVALUACIÓN DEL COMPROMISO DEL GOBIERNO DE ISLANDIA	66
6. <u>PRINCIPALES CONCLUSIONES</u>	67
7. <u>PRINCIPALES RECOMENDACIONES</u>	71
8. <u>APRENDIZAJES</u>	75
9. <u>BIBLIOGRAFÍA E INFORMES</u>	77
ANEXO I: RESEÑA HISTÓRICA DEL PFCG DESDE LA PERSPECTIVA DE ICEIDA	88
ANEXO II: LISTA DE VISITAS Y ENTREVISTAS REALIZADAS POR EL EQUIPO DE LA EFE	98
ANEXO III: CUADRO SINTÉTICO DE LAS ESTIMACIONES DE LA CANTIDAD DE RECURSOS GEOTÉRMICOS EN NICARAGUA Y LA ESTRATEGIA DE DESARROLLO PROPUESTA	99
ANEXO IV. LISTA DE BECADOS POR EL PFCG, AÑO Y TRABAJOS REALIZADOS EN LA UNU-GTP	106
ANEXO V: ESTADO DE DESARROLLO DE LAS ÁREAS GEOTÉRMICAS BAJO EXPLORACIÓN O PRODUCCIÓN	107

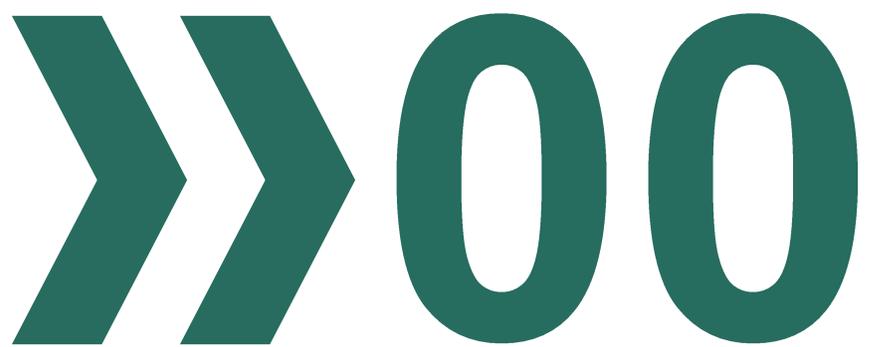
SIGLAS

AIMA	Agencia Islandesa del Medio Ambiente
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
CC	Comité de Coordinación
CD	Comité de Dirección
DDG	Dirección de Geotermia (MEM)
DFP	Documento Final de Proyecto
DGCA	Dirección de Calidad Ambiental (MARENA)
DIG	Departamento de Investigación Geotérmica (MEM)
DIP	Documento de Identificación de Proyecto
DSV	Departamento de Supervisión (MEM)
EAI	Agencia Islandesa del Medio Ambiente
EFE	Evaluación Final Externa
PEFE	Proyecto de Evaluación Final Externa
EEFE	Equipo de Evaluación Final Externa
EGI	Efectos de Gases Invernaderos
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
ENEL	Empresa Nicaragüense de Electricidad
FINNIDA	Agencia Finlandesa para el Desarrollo Internacional
GG-IIE	Gerencia de Geotermia del Instituto de Investigaciones Eléctricas de México
GOI	Gobierno de Islandia
GON	Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional de Nicaragua
IAIA	International Association for Impact Assessment
ICEIDA	Agencia Islandesa para el Desarrollo Internacional
IGA	International Geothermal Association
ISOR	Iceland GeoSurvey
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
LGG	Laboratorio de Geoquímica y Geotermia (MEM)
MARENA	Ministerio del Medio Ambiente y los Recursos Naturales
DGCA	Dirección General de Calidad Ambiental (MARENA)
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MINREX	Ministerio de Relaciones Exteriores
ONA	Oficina Nacional de Acreditación
NPA	Agencia Islandesa de Ordenamiento Territorial
ONDL	Oficina Nacional de Desarrollo Limpio (MARENA)
PEFE	Proyecto de Evaluación Final Externa
PFCG	Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia
POA	Plan Anual de Operaciones
SIG	Sistema de Información Geográfica
TdR	Términos de Referencia
UCA	Universidad Centroamericana
UGA	Unidad de Gestión Ambiental (MEM)
UNAN-León	Universidad Autónoma Nacional de Nicaragua – León
UNAN-Mga.	Universidad Autónoma Nacional de Nicaragua – Managua
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería
UNU-PFG	Universidad de las Naciones Unidas – Programa de Formación Geotérmica

USGS Servicio Geológico de los Estados Unidos

Observación:

A no ser que se indique otra cosa, los valores monetarios se expresan en dólares estadounidenses (USD).



RESUMEN EJECUTIVO

Es política del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional de Nicaragua (GON) aumentar el uso de fuentes de energía renovables para generar electricidad. Se ha identificado que el subsector geotermia es un componente de singular importancia para tal fin, dado que Nicaragua tiene un potencial geotérmico abundante, muy pocos de los cuales han sido desarrollados. No obstante, en 2004 la estructura del gobierno de aquel entonces carecía de capacidad humana para supervisar y administrar el aumento en la producción del recurso geotérmico que se planificaba. Para tratar con este problema, se solicitó al Gobierno de Islandia (GOI) cooperación para el desarrollo en el campo de la energía geotérmica.

Luego de un intensivo trabajo preparatorio, se firmó un contrato en enero de 2008 entre el Ministerio de Energía y Minas (MEM) por parte del GON y la Agencia Islandesa para el Desarrollo Internacional (ICEIDA) en representación del GOI. Se acordó llevar a cabo un Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia (PFCG) de un quinquenio duración (2008-2012). El Ministerio del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) participó desde la etapa preparatoria del PFCG, aunque fue hasta más tarde que MARENA se volvió miembro formal del Comité de Dirección (CD) del PFCG.

La meta de ICEIDA a través del PFCG fue el de asistir a Nicaragua para que intensifique su utilización de un recurso energético ambientalmente benigno, como es la geotermia, para generar energía en el marco de la política del GON.

El objetivo de este Informe de Evaluación Final Externa es el de valorar los resultados del PFCG, informar acerca de los aprendizajes, y obtener una respuesta detallada a las siguientes preguntas fundamentales:

- » ¿Hasta qué punto ha contribuido el PFCG a mejorar el uso que hace el GON de los recursos geotérmicos en Nicaragua?
- » ¿Hasta qué punto ha ayudado el PFCG a fortalecer las capacidades del GON para gestionar estos recursos geotérmicos?

Con el propósito de obtener esta información, ICEIDA ha firmado un contrato con Alta Consulting Inc. para la realización de una Evaluación Final Externa (EFE) del PFCG. El equipo de evaluación externa es encabezado por la señora Halldóra Hreggvidsdóttir, responsable en nombre de Alta Consulting Inc. de la ejecución de la EFE. La pericia en el campo de la geotermia está a cargo del profesor Stefan Arnórsson, bajo un subcontrato entre Alta Consulting Inc. y Reykir Inc.

Son tres los objetivos de la EFE:

- » recopilar información sobre los resultados del PGFC;
- » valorar el éxito del PGFC; y
- » brindar recomendaciones fundamentadas en los aprendizajes.

Este Informe de Evaluación Final Externa abarca los hallazgos y el éxito del PFCG, según lo visualiza el Equipo de Evaluación Final Externa (EEFE). El principal objetivo del EEFE fue averiguar los resultados e impactos del PFCG y examinar sus efectos sobre los beneficiarios meta en las áreas pertinentes.

EL SECTOR ENERGÉTICO EN NICARAGUA

El sistema de energía eléctrica en Nicaragua refleja sus condiciones sociales, económicas, tecnológicas y ambientales predominantes. En comparación con otros países con un nivel similar de desarrollo económico y social, el consumo de energía para el año 2005 fue de solamente 3.3 barriles de petróleo equivalente (bpe), el más bajo en América Central. Asimismo, el consumo de energía per cápita está entre los más bajos de América Latina. El consumo de energía de una población está vinculado directamente a la satisfacción de las necesidades básicas de las personas. Se calcula que aproximadamente un 60% de la población tiene acceso al servicio de electricidad, aunque en el campo esta cifra no llega al 40%. Entre todos los países de Centroamérica y del Caribe, el consumo de electricidad per cápita de Nicaragua es más alto solamente que el de Haití.

Los recursos energéticos disponibles en Nicaragua abarcan el agua, el viento, la biomasa y la geotermia, los así llamadas “recursos energéticos nativos”. Los primeros tres de estos son renovables en el sentido de que se renuevan a una tasa igual o superior a la que se utiliza. Hay opiniones encontradas acerca de hasta qué punto los sistemas geotérmicos de tipo hidrotermal, como los de Nicaragua, son renovables (Stefánsson, 2000; Sanyal, 2005; O’Sullivan et al., 2010). El grado de renovación es afectado por el nivel de explotación con relación a la pérdida natural de calor en estos sistemas. El potencial estimado de cada tipo de recurso energético renovable en Nicaragua (hídrico, eólico, biomasa y geotermia) se resume en la Tabla 2.1, más abajo, junto con información sobre la potencia instalada efectiva.

El potencial de energía geotérmica para la producción de energía ha sido estimada en unos 1,200 MWe (véase Tabla 2.1). No obstante, se han presentado otros cálculos, ambos los cuales son más altos, a saber: 1,519 MWe (Plan Maestro de Geotermia, 2001; Ruiz-Mendieta (2009) y 3,194 MWe según Ruiz-Cordero (2008). Es necesario señalar que en los estimados de capacidad de generación de la energía geotérmica suele haber mucha incertidumbre, puesto que se basa en información indirecta y no en datos sobre las características específicas de los reservorios, la cual solamente se puede obtener por medio de costosas perforaciones.

Hoy día la capacidad instalada total de las plantas geotérmicas es de 150 MW_e actual real (Momotombo 78 MW_e (actual real) y San Jacinto-Tizate 72 MW_e). Los planes para desarrollar los campos de Managua-Chiltepe y El Hoyo-Monte Galán para 2014-2015 han sido postergados debido a los pobres resultados de las perforaciones exploratorias. En Managua-Chiltepe, un pozo de exploración no encontró temperaturas altas (aprox. 80°C). Se han propuesto perforaciones en otras partes del campo (Hersir y Ólafsson, 2009a) y ALBANISA continuara el desarrollo. En El Hoyo-Monte Galán se encontraron temperaturas suficientemente altas en uno de los dos hoyos de exploración. La temperatura resultó ser baja en el segundo pozo, probablemente debido a un flujo descendente desde un acuífero somero. Continúa con la evaluación de los pozos perforados un año más. GeoNica todavía tiene la concesión para desarrollar el campo geotérmico de El Hoyo-Monte Galán, pero a inicios de 2012 regresó la concesión para explorar Managua-Chiltepe, la cual ha sido otorgada a Alba Geotermia.

PERFIL DEL PFCG Y METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN

El PFCG fue dividido en tres componentes principales, con el fin de:

- » Fortalecer la capacidad técnica y científica en el MEM y el MARENA para el monitoreo, la vigilancia y el seguimiento a los proyectos de recursos geotérmicos en Nicaragua.
- » Llevar a cabo un proceso de fortalecimiento de capacidades en las instituciones, para fines de seguimiento, monitoreo, supervisión, gestión y vigilancia ambiental de los proyectos geotérmicos en Nicaragua, dirigido esencialmente a los funcionarios públicos.
- » Dotación con recursos técnicos, infraestructura y equipo al Laboratorio de Geoquímica y Geotermia (LGG) del MEM.

Los resultados esperados para cada componente se detallan en la sección 3.5 de este informe, y la metodología aplicada se describe en el capítulo 4.

HALLAZGOS

Es la impresión general del EEFE que por lo general el PFCG ha sido muy exitoso con respecto a todos los componentes. El LGG ya está en operaciones y tiene un personal competente, si bien todavía hace falta ser acreditado. La capacitación de expertos y otros funcionarios del MEM y de MARENA por medio de talleres, cursos, reuniones y trabajo de campo ha sido muy intensiva, tanto en Nicaragua e Islandia, como en El Salvador. Queda claro que ha habido muchos avances con relación al fortalecimiento de capacidades en el sector público, en particular en el MEM y el MARENA. No obstante, para fines del presente informe, el EEFE considera que hubiera sido deseable tener más información acerca de los cambios relativos a la estructura organizativa del MEM y del MARENA en lo que atañe responsabilidades, cooperación, efectividad y obligaciones de su personal. Lo mismo se puede decir con referencia a otros ministerios, el proceso de obtención de concesiones, licencias y permisos en el caso del sector geotérmico, los papeles del MEM y del MARENA, y el grado de su cooperación.



Un análisis de los hallazgos presentados en este estudio lleva a la conclusión que en términos generales el PFCG ha sido un éxito y por lo tanto eficaz. Su impacto ha sido muy positivo, y satisface tanto los requisitos ambientales como de igualdad de género. Sin embargo, no se logró la meta de construir un conocimiento sostenible en el campo de la geotermia. Esto es así porque se considera que toma más de cinco (5) años establecer este nivel de capacidad, especialmente en lo referente a una interpretación y rendición de informes que sea eficiente y de alta calidad. Por esta razón se considera importante una continuación del PFCG 2008-2012, para poder consolidar y así garantizar una capacidad permanente (o sea, sostenible) en Nicaragua, que conlleve al continuado desarrollo de los recursos geotérmicos del país, incluyendo todas las etapas preparatorias necesarias (primero estudios y luego monitoreo ambiental). De ser continuado, el proyecto a diseñar deberá concentrarse en temas específicos y por lo tanto sería menos intensivo que el PFCG.

PRESUPUESTO

Para finales del año 2012, los gastos por parte de ICEIDA fueron de USD 3.583 millones, lo cual representa USD 467,000.00 menos que la cantidad presupuestada de 4.058 millones. Esta suma cubre solamente el periodo de 2008 al 2012, y no incluye el trabajo de preparación del PFCG que se realizó en 2007 e incluso más temprano, como se describe más abajo. Se espera que los gastos totales aumenten algo en 2013, ya que habrá algunos gastos más.

En términos de costo beneficio, el apoyo total de ICEIDA al PFCG es comparable al costo de perforar un pozo profundo de unos 2000 a 2500 metros en un campo geotérmico de alta entalpía. El rendimiento total promedio de pozos geotérmicos perforados en tales campos es equivalente a aproximadamente 5 MW. Por su parte, la capacidad instalada de la planta generadora de San Jacinto es de 72 MW_e. Los costos de perforación para una planta generadora geotérmica típicamente son de más o menos un 30% del costo total. Por lo tanto, el dinero que se gastó en el PFCG representa solamente una ínfima fracción del costo de la recién instalada planta en San Jacinto. La comparación indica también que la suma invertida en el PFCG valió mucho la pena.

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y APRENDIZAJES

En los capítulos 6 a 8 de este informe se presenta un resumen de las conclusiones, recomendaciones y aprendizajes, con base en el trabajo realizado por el EEFE. Las principales recomendaciones y lecciones aprendidas son las siguientes:

RECOMENDACIONES

- » Se recomienda extender el apoyo al Gobierno de Nicaragua, con el fin de profundizar los conocimientos en desarrollo geotérmico.
- » Se recomienda que el Gobierno de Nicaragua busque asistencia externa adicional, con el fin de fortalecer sus capacidades para el desarrollo de sus recursos geotérmicos.
- » Se recomienda que de seguir el apoyo de Islandia, ocurra a una escala menor y que vaya disminuyendo gradualmente conforme se avanza. Se alienta al GON a recopilar todos los datos conocidos sobre la exploración superficial acerca de los campos geotérmicos conocidos en Nicaragua, tanto de alta como de baja entalpía, con el propósito de reinterpretar estos datos y

decidir si se deben recolectar datos adicionales para priorizar ciertas áreas para perforaciones de exploración y como contribución a una escogencia juiciosa de los sitios en que se van perforar pozos de exploración.

- » Se considera importante vincular el desarrollo de los recursos geotérmicos de Nicaragua con el desarrollo de otros recursos energéticos, de tal manera que la energía termal puede entrar en operaciones en cualquier momento luego de que se haya caracterizado y cuantificado un nuevo campo por medio de perforaciones. Asimismo, se debe tener en mente que las plantas generadoras geotérmicas deben ser utilizadas como carga base, v.g. con un alto factor de carga en el mercado de energía eléctrica.
- » Se recomienda que ICEIDA tenga un gerente de proyecto designado para todos sus proyectos, con un claro mandato para supervisar su ejecución y éxito.
- » Se recomienda que el actual proceso de certificación del Laboratorio llegue a su conclusión cuanto antes, para que pueda realizar operaciones comerciales.

APRENDIZAJES

- » El Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia, según se define en el Documento de Proyecto Final, es demasiado detallado. Se considera que un enfoque más favorable a la planificación de un proyecto como el PFCG sería asegurar la contratación de un Gerente de Proyecto ya en la fase temprana preparatoria, construir un plano de proyecto más general, y establecer un Comité de Dirección, encabezado por el Gerente de Proyecto. El Comité tendría la autoridad para especificar en detalle las actividades para cada año, incluyendo una revisión del plan inicial del proyecto, si bien que siempre dentro de los parámetros establecidos por el presupuesto.
- » El desarrollo de los recursos geotérmicos requiere de conocimientos que solamente pueden proporcionar expertos en muchos campos, incluyendo la biología, ingeniería, geoquímica, geología, geofísica, hidrología, matemáticas, planificación y diseño. Esto significa que es crucial saber trabajar en equipo, algo que se debe tener en cuenta al planificar el desarrollo geotérmico.

»»01

INTRODUCTION

1.1 PROPÓSITO Y ALCANCE DE LA EVALUACIÓN FINAL EXTERNA

El presente Informe de Evaluación Final Externa (EFE) representa la última actividad prevista en el Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia (PFCG), realizado en cooperación entre el Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional de Nicaragua (GON) y el Gobierno de Islandia (GOI). El Informe abarca todo el periodo de ejecución del PFCG, o sea el quinquenio de 2008 al 2012. El objetivo de la EFE es la de valorar los resultados del PFCG, informar acerca de los aprendizajes y buscar la respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Hasta qué punto ha contribuido el PFCG a mejorar el uso que hace el GON de los recursos geotérmicos en Nicaragua?
2. ¿Hasta qué punto ha ayudado el PFCG a fortalecer las capacidades del GON para gestionar estos recursos geotérmicos?

Asimismo, se brindan recomendaciones con base en dichos aprendizajes. Para el GON, la evaluación proveerá de insumos y aprendizajes para poder promover el desarrollo y la utilización de los recursos naturales en Nicaragua. Por su parte, para ICEIDA la evaluación también proveerá de insumos y servirá como retroalimentación para la planificación de futuros proyectos de desarrollo, especialmente en el campo de recursos energéticos renovables y benignos con el medio ambiente, así como en lo referente al tema del fortalecimiento institucional.

Con el propósito de obtener esta información, ICEIDA ha firmado un contrato con Alta Consulting Inc. para la realización de una Evaluación Final Externa (EFE) del PFCG. El equipo de evaluación externa es encabezado por la señora Halldóra Hreggvidsdóttir, responsable de Alta Consulting Inc. de la ejecución de la EFE. La pericia en el campo de la geotermia está a cargo del profesor Stefan Arnórsson, bajo un subcontrato entre Alta Consulting Inc. y Reykir Inc.

1.2 ALCANCE DEL PROYECTO DE FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES EN GEOTERMIA

En Nicaragua se considera que los recursos geotérmicos son de valor para la economía del país.

Para el año 2008 se estableció un acuerdo de cinco años duración entre el GON y el GOI, titulado “*Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia 2008-2012*” (PFCG), según el cual Islandia asistiría a Nicaragua para fortalecer sus conocimientos en geotermia y por lo tanto poder desarrollar a los recursos geotérmicos existentes en el país. El PFCG es financiado de manera conjunta, con el GOI asumiendo un 75% del costo y el GON los restantes 25%.

La principal tarea del Proyecto fue la creación y el fortalecimiento de las capacidades necesarias, de tal forma que las instituciones gubernamentales que participan de una u otra forma en la exploración geotérmica estuvieran en posición de cumplir con sus responsabilidades y facilitar así el desarrollo sostenible de los recursos geotérmicos en Nicaragua en el corto y mediano plazo. Estas instituciones son principalmente el Ministerio de Energía y Minas (MEM) y el Ministerio del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). El PFCG se describe en detalle en el Documento Final de Proyecto (PFCG-DFP).

Según el PFCG-DFP, el Proyecto está dividido en tres componentes, como sigue:

- » Fortalecer la capacidad técnica y científica en el MEM y el MARENA para el monitoreo, la vigilancia y el seguimiento a los proyectos de recursos geotérmicos en Nicaragua.
- » Llevar a cabo un proceso de fortalecimiento de capacidades en las instituciones, para fines de seguimiento, monitoreo, supervisión, gestión y vigilancia ambiental de los proyectos geotérmicos en Nicaragua, dirigido esencialmente a los funcionarios públicos.
- » Dotación con recursos técnicos, infraestructura y equipo al Laboratorio de Geoquímica y Geotermia (LGG) del MEM.



»»02

EL CONTEXTO DEL PFCG

2.1 EL SISTEMA ENERGÉTICO Y LA UTILIZACIÓN DE ELECTRICIDAD EN NICARAGUA

El sistema de energía eléctrica en un dado país refleja sus condiciones sociales, económicas, tecnológicas y ambientales predominantes. En comparación con otros países con un nivel similar de desarrollo económico y social, el consumo de energía para el año 2005 fue de solamente 3.3 barriles de petróleo equivalente (bpe), el más bajo en América Central.

Asimismo, el consumo de energía per cápita está entre los más bajos de América Latina. El consumo de energía de una población está vinculado directamente a la satisfacción de las necesidades básicas de las personas. Tasas bajas de consumo per cápita de energía, así como un consumo ineficiente de la misma, son reflejos de bajos niveles de vida y confort entre la población nicaragüense, en particular si se toma en cuenta la desigual distribución de ingresos y riqueza. Se calcula que aproximadamente un 60% de la población tiene acceso al servicio de electricidad, aunque en el campo esta cifra no llega al 40%. Entre todos los países de Centroamérica y del Caribe, el consumo de electricidad per cápita de Nicaragua es más alto solamente que el de Haití. La generación de electricidad en Nicaragua es el principal cuello de botella que enfrenta cualquier programa de reactivación económica.

La matriz de generación eléctrica es principalmente termal, con un alto grado de dependencia de los hidrocarburos importados. En combinación con los altos precios del petróleo, la factura por este rubro en 2006 fue equivalente a un 65% de las exportaciones, la más alta cifra de la historia, dejando así el país vulnerable a las fluctuaciones de los precios internacionales del petróleo.

Si bien es cierto que hace ya mucho tiempo se sabe que el país tiene un potencial geotérmico e hidroeléctrico substancial, las persistentes crisis políticas e institucionales y la prevalencia de problemas más acuciantes de corto plazo, han limitado históricamente el uso adecuado de estas fuentes de energía. Por lo tanto, hay una subutilización del potencial energético que contienen estos recursos, o expresado en otras palabras, se hace un uso ineficiente del potencial energético del país.

2.2 RECURSOS ENERGÉTICOS EN NICARAGUA

Los recursos energéticos disponibles en Nicaragua abarcan el agua, el viento, la biomasa y la geotermia, los así llamadas “recursos energéticos nativos”. Los primeros tres de estos se renuevan a una tasa igual o superior a la que se utiliza. Hay opiniones encontradas acerca de hasta qué punto los sistemas geotérmicos de tipo hidrotermal, como los de Nicaragua, son renovables (Stefánsson, 2000; Sanyal, 2005; O’Sullivan et al., 2010). La renovación es afectada por el nivel de explotación con relación a la pérdida natural de calor en estos sistemas. El potencial estimado de cada tipo de recurso energético renovable en Nicaragua (hídrico, eólico, biomasa y geotermia) se resume en la Tabla 2.1, más abajo, junto con la información sobre la potencia instalada efectiva.

El potencial de energía geotérmica para la producción de energía ha sido estimada en unos 1,500 MW_e (véase Tabla 2.1). No obstante, se han presentado otros cálculos, ambos los cuales son más altos, a saber: 1,519 MW_e según Ruiz-Mendieta (2009) y 3,194 MW_e según Ruiz-Cordero (2008).

Es necesario señalar que en los estimados de capacidad de generación de la energía geotérmica suele haber mucha incertidumbre, puesto que se basa en información indirecta y no en datos sobre las características específicas de los reservorios.

Tabla 2.1 Recursos energéticos en Nicaragua por tipo, tamaño del recurso y capacidad eléctrica instalada (a)

TIPO DE RECURSO	CAPACIDAD DE GENERACIÓN ESTIMADA (EN MW_e)	CAPACIDAD INSTALADA EFECTIVA (EN MW_e)	PORCENTAJE DE DESARROLLO
Hídrico	3,280	98	3.0
Geotérmico	1,519 ^b	150	3.1
Eólico	800	0	0.0
Biomasa	200	60	30.0
Total	5,480	195	3.6

(a) Tomado del Ministerio de Energía y Minas (MEM), *Plan Estratégico del Sector Energético en Nicaragua (2007-2017)*. No incluye madera, solamente residuos de plantas. (b) Como reserva de riesgo ponderada (véase Vol.1 *Resumen de Informe-A. pdf*, pg. 162, *GeothermEx (2001)*). Ambas cifras son altamente especulativas e indican solamente que los recursos geotérmicos en Nicaragua son importantes para la economía del país.

Para 2009, el total de potencia eléctrica instalada en Nicaragua era de 767 MW_e (Ruiz-Mendieta, 2009). De esto, solamente un 28% son recursos energéticos originarios en Nicaragua, el resto se genera con combustibles fósiles importados. La producción actual de energía geotérmica es de 102 MW_e, o aproximadamente un 13% del total (v.g. 102 MW_e en 2012 del total de 767 MW_e). Sin embargo, se espera que el factor de carga de las plantas generadoras de energía geotérmica sea más alto que el de otros tipos de plantas. Por lo tanto, la producción anual de energía eléctrica proveniente de recursos geotérmicos también será más alta de lo que indican las cifras de capacidad instalada. El EEFE no tiene datos sobre los factores de carga para los diferentes tipos de plantas generadoras en el país, lo cual imposibilita calcular el porcentaje de producción de energía anual que es generada por las plantas geotérmicas.

2.3 PLANES DE DESARROLLO ENERGÉTICO EN NICARAGUA

Es política del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional de Nicaragua (GON) aumentar el uso de fuentes de energía “renovables” o benignas para generar electricidad. Se ha identificado que el subsector geotermia es un componente de singular importancia para tal fin, dado que Nicaragua tiene abundantes campos geotermiales, de los que se han desarrollado muy pocos.

En el año 2001 el GON desarrolló un Plan Maestro de Energía Geotérmica, en el que se calcula la capacidad de generación en 1,519 MW_e, localizados en doce (12) campos, algunos de los cuales se encuentran dentro o cerca de áreas protegidas. El GON tiene planes de revisar el Plan Maestro existente para el 2014.

El Plan Estratégico del Sector Energía 2007-2017 considera el desarrollo del sector para un periodo de 10 años, durante el cual pronostica un significativo aumento en la producción de energía al desarrollar los recursos energéticos propios del país, al mismo tiempo que se incrementa el uso de combustibles fósiles importados. Según el Plan, para el año 2017 se aumentará la capacidad instalada (por tipo de energía) como sigue:

- » hídrica en 466 MW_e; geotermia en 156 MW_e; y biomasa en 20 MW_e.
- » eólica en 20 MW_e,
- » plantas termales con base en carbón, diesel y *fuel oil* aumentará en 540 MW_e.

Con esto el total de potencia eléctrica instalada alcanzaría 1,176 MW_e, un aumento de 167%.

La contribución de recursos energéticos propios aumentaría de un 28% en 2007 a un 44% en 2017. Sin embargo, es posible que no se aumente tanto la utilización de combustibles fósiles durante el periodo, dependiendo de las necesidades del mercado.

En el Plan Nacional de Desarrollo Humano Actualizado 2009-2011, Informe Técnico (2009), se describe el siguiente plan para el desarrollo de la energía geotérmica:

- » San Jacinto-Tizate: empezó operación de los primeros 36 MW_e en enero 2012 y otros 36 MW_e en diciembre 2012 (González, comunicación oral).
- » Para los campos geotérmicos de El Hoyo-Monte Galán y Managua-Chiltepe, ambos de los cuales se estaban explorando en 2009, el Plan suponía que la producción empezaría en 2014 y 2015, respectivamente.
- » Se planeaba concluir un proceso de licitación para la exploración del campo Casitas-San Cristóbal en 2013-2016, con tres etapas de entrada en producción (20 MW_e, 40 MW_e y 40 MW_e).
- » Se consideró también que tres campos más (Apoyo, Ometepe y Mombacho) podrían estar operando para 2016, 2016 y 2017, respectivamente. El Plan hacía énfasis en la importancia del PGFC para el desarrollo de recursos energéticos en Nicaragua.

2.4 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS EN NICARAGUA

Hoy día la capacidad instalada total de las plantas geotérmicas es de 150 MW_e – actual real (Momotombo 78 MW_e actual real, San Jacinto-Tizate 72 MW_e). Los planes para desarrollar los campos de Managua-Chiltepe y El Hoyo-Monte Galán para 2014-2015 han sido postergados debido a los pobres resultados de las perforaciones exploratorias. En el primer caso, un pozo de exploración no encontró temperaturas altas (aprox. 80°C). Se han propuesto perforaciones en otras partes del campo (Hersir y Ólafsson, 2009^a) y ALBANISA tiene ahora la concesión. En El Hoyo-Monte Galán se encontraron temperaturas suficientemente altas en uno de los pozos de exploración, pero la permeabilidad es baja, seguramente inferior al área del revestidor de producción en el pozo abierto. La temperatura más alta encontrada fue a un nivel de profundidad dentro del revestidor de producción, pero las temperaturas en el pozo abierto eran más bajas. Es probable que dichas temperaturas medidas en el segundo pozo son debidos a un flujo descendente en el pozo (Fridriksson y Ármannsson, comunicación personal). El EEFE no ha recibido información acerca de estas perforaciones, y no sabía de ellas hasta ya entrada la última fase de la redacción del presente Informe. GeoNica todavía tiene la concesión para desarrollar el campo

geotérmico de El Hoyo-Monte Galán, pero a inicios de 2012 regresó la concesión para explorar Managua-Chiltepe, la cual ha sido otorgada a Alba Geotermia.

Por otra parte, el prospecto Casitas-San Cristóbal puede estar adelantado al calendario previsto. Las perforaciones de exploración han dado resultados positivos, dando pruebas de que existe un reservorio caliente (230oC) de vapor dominante. No se conoce si este reservorio somero de vapor dominante representa una capa de vapor ubicada por encima de un reservorio dominado por líquidos o si la zona de vapor se extiende hasta profundidades considerables. Estos resultados son favorables para que se tome la decisión de seguir con el desarrollo del campo. Al momento de preparar este Informe, no había información disponible sobre la exploración en los campos geotérmicos de Apoyo, Ometepe y Mombacho.

A continuación se presenta un cuadro sintético de recursos geotérmicos de alta temperatura, demostrados e indicados:

Recursos demostrados:

- » Momotombo, con un potencial esperado de 30-35 MW_e, capacidad actual real de 23 MW_e.
- » San Jacinto-Tizate, con una capacidad actual real de 72 MW.
- » El Hoyo-Monte Galán – temperaturas comprobadas de ~200°C.
- » Casita – San Cristóbal – temperaturas comprobadas de 230°C y una zona de vapor que posiblemente esté recubriendo un reservorio dominado por líquido.

Recursos indicados en el Plan Maestro (2001):

- » Managua-Chiltepe
- » Volcán Cosigüina
- » El Ñajo-Telica
- » Tipitapa
- » Masaya-Granada-Nandaime
- » Isla de Ometepe.

En el Anexo III se presenta información acerca de cómo el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) clasifica a los recursos minerales, en dependencia de la cantidad de información disponible. El USGS utiliza una nomenclatura específica que brinda un mejor fundamento para comprender el grado de incertidumbre que existe para la exploración y evaluación de los recursos minerales. Esta nomenclatura es en realidad aplicable también al desarrollo geotérmico, y es asimismo muy útil para vislumbrar claramente el estado o nivel de ejecución en el que se encuentran proyectos geotérmicos individuales. Es por esta razón que sugerimos que se adapte la nomenclatura del USFS al contexto del desarrollo geotérmico en Nicaragua.

2.5 PAPEL INSTITUCIONAL DEL DESARROLLO GEOTÉRMICO EN NICARAGUA

A pesar de su potencial geotérmico, el país no ha podido acumular la experiencia técnica necesaria con relación a su gestión, la investigación necesaria, y la exploración y explotación de los recursos. Específicamente, el MEM y el MARENA necesitaban mejorar su capacidad con relación al desarrollo geotérmico y el proceso de otorgamiento de concesiones, permisos y licencias, puesto que son las instituciones encargadas del seguimiento, control y evaluación de la producción geotérmica y vigilancia ambiental, con el fin de garantizar una gestión sostenible del recurso.

El MEM es el ente encargado de planificar, proponer, coordinar y ejecutar el Plan estratégico y la política pública en general referente al sector energético. Asimismo, debe elaborar las normas técnicas, los criterios, las especificaciones, las reglas y reglamentos que regirán las actividades de reconocimiento, exploración, explotación, producción, transporte, transformación, distribución, gestión y uso de recursos energéticos, así como la aprobación y distribución en el sector eléctrico, al recibir propuestas a este efecto por parte del Instituto Nacional de Energía (INE). Por lo tanto, al MEM también le atañe la explotación de los recursos geotérmicos.



Asimismo, el MEM tiene la responsabilidad de otorgar, modificar, extender y cancelar permisos de reconocimiento para la utilización de cualquier fuente de energía (recursos geológicos o energéticos). También otorga licencias para la operación, generación y transmisión de energía, así como concesiones para su distribución y la negociación de contratos para la exploración y explotación de recursos geológicos. El MEM también dirige el funcionamiento y la administración de las empresas estatales que operan en el sector energético.

Finalmente, es responsabilidad del MEM administrar y regular el Fondo Desarrollo de la Industria Eléctrica Nacional y emitir decretos, reglamentos y resoluciones referentes a la electricidad, los hidrocarburos y las fuentes de energía geológica, incluyendo la aprobación de sus normas internas.

Por su parte, MARENA es responsable de realizar valoraciones ambientales estratégicas, la gestión ambiental de plantas geotérmicas ubicadas en áreas protegidas, y la promoción del desarrollo limpio de la producción geotérmica al hacer un uso efectivo de los reglamentos ambientales que gobiernan su explotación.

A la debilidad generalizada de las instituciones gubernamentales, habría que añadir la falta de capacidad de las universidades para proveer formación en exploración geotérmica, geoquímica y estudios de impacto ambiental referentes a la investigación, exploración y explotación de la energía geotérmica, así como al seguimiento, la vigilancia y la evaluación de la producción geotérmica (tomado de PFCG-DFP).

Los proyectos geotérmicos en Nicaragua son llevados a cabo por desarrolladores privados, a quienes se otorgan concesiones por medio de negociación directa. El papel del MEM, en representación del GON, es el de elaborar documentos para el proceso de licitación y de ser el caso otorgar concesiones a los desarrolladores, quienes deben cumplir con una serie de obligaciones y normas. El proceso que conlleva al otorgamiento de concesiones es como sigue:

1. se otorga una concesión para la exploración de campos geotérmicos y luego, de *serexitoso este primer paso*
2. el desarrollador solicita una concesión para la explotación.

Para cada uno de estos pasos, el desarrollador debe preparar una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), para la cual el MEM, el MARENA y las alcaldías participantes elaboran los Términos de Referencia (TdR).

2.6 CONTEXTO GON E ICEIDA

Es política del GON aumentar la producción de energía al utilizar las fuentes de energía disponibles en el país, con la meta general de reducir la pobreza y promover la reducción de la pobreza y la estabilidad social.

Por su parte, la estrategia de desarrollo de ICEIDA es la de contribuir a aliviar la pobreza y de hacer énfasis en el apoyo a las personas e instituciones en los países socio para que logren ser auto-suficientes. La meta de ICEIDA es lograr lo anterior por medio de la transferencia de conocimientos y destrezas en aquellos campos en los que los islandeses tienen mucha experiencia y conocimiento, como en efecto es el caso en el tema del desarrollo geotérmico. Asimismo, es meta de ICEIDA promover la democracia, los derechos humanos y la igualdad de género por medio de crecimiento económico y reformas sociales, los cuales considera la antesala de la reducción de la pobreza. En todo este proceso, ICEIDA hace énfasis en la sostenibilidad ambiental. La Agencia toma en cuenta las necesidades y los papeles tanto de mujeres como de hombres al elaborar y ejecutar sus proyectos, con el fin de asegurar que hay igual oportunidad para que mujeres y hombres influyan, participen y se beneficien de los proyectos de ICEIDA.

»»03

PERFIL DEL PROYECTO DE
FORTALECIMIENTO DE
CAPACIDADES EN GEOTERMIA

3.1. INFORMACIÓN GENERAL

País de ejecución: Nicaragua
Nombre del Proyecto: Islandia-Nicaragua: Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia 2008-2012 (PFCG)
Donante: Gobierno de Islandia por medio de ICEIDA
Periodo: 01.01.2008 – 31.12.2012
Situación actual: ICEIDA ha concluido el PFCG
Sector DAC: Energía Termal – 23066
Tipo de ayuda: Intervenciones de tipo proyecto – C01
Costo estimado total del Proyecto: USD 5,646,516.00
Contribución estimada de ICEIDA: USD 4,231,516.00 (75%)
Contribución estimada del GON: USD 1,415,000 (25%)
Contribución real de ICEIDA: USD 3.583 millones ¹
Contribución real del GON: C\$ 28193,158.33 ²
¹ Estas contribuciones aumentarán en algo debido a que habrá algunos gastos más en 2013.
² Costo registrado a Abril 2013.

En 2004 el Gobierno de Nicaragua solicitó asistencia del Gobierno de Islandia (GOI) para el desarrollo de un proyecto de apoyo constitucional para el subsector de geotermia en Nicaragua. En enero de 2008 dio inicio un acuerdo de cinco (5) años duración entre el Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional de Nicaragua y la Agencia Islandesa para el Desarrollo Internacional (ICEIDA), por parte del GOI, titulado “Islandia – Nicaragua: Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia 2008-2012” (PFCG). El objetivo es el de intensificar la utilización de los recursos geotérmicos en Nicaragua, al asistir el país para que fortalezca los conocimientos entre funcionarios del sector público acerca de cómo desarrollar los recursos geotérmicos existentes en el país.

El PFCG se basa en la estrategia de desarrollo de ICEIDA y está enteramente alineada con los planes estratégicos de desarrollo del GON, entre las que está el aumento en la producción de energía al utilizar la energía disponible en el país. La meta general es reducir la pobreza y promover la estabilidad económica y social.

A inicios de 2006 ICEIDA abrió una Oficina de País en Nicaragua. Esta se tuvo que cerrar el día 1 de agosto de 2009, debido a la crisis económica en Islandia. No obstante, esto no afectó el apoyo financiero al PFCG. En el Anexo I hay una descripción más detallada del historial del PFCG.

El cuadro más arriba contiene un resumen financiero y otra información sobre el Proyecto PFCG. La Tabla 3.1 ofrece mayores detalles. Se considera que las cifras para el 2012 sean algo bajas, ya que todavía hace falta agregar algunos gastos ya realizados o por realizarse en el 2013. Por el momento, el gasto global (incluyendo 5% de imprevistos) por parte de ICEIDA es de USD 3.583 millones, un USD 467,000 menos de lo planificado, que era de USD 4.050,8 millones. Esta suma abarca solamente el

periodo 2008-2012, y no incluye los gastos incurridos durante la planificación del Proyecto en 2007, como se describe más abajo.

Durante los primeros dos años del contrato entre ICEIDA y el GoN, el plan presupuestario de ICEIDA era excesivo. Se considera que esto fue así debido a que todas las etapas de inicio (componentes) del Proyecto tomaron más tiempo de lo esperado para arrancar. En los años de 2010 al 2012 se adhirió más estrechamente al plan general, así como a lo presupuestado para cada rubro.

El EFFE considera que no es posible valorar si hubo o no apoyo excesivo para algunas de las tareas, debido a que tantas de ellas son más subjetivas que objetivas (v.g. los cursos de capacitación). En términos de costo beneficio, el apoyo total de ICEIDA al PFCG es comparable al costo de perforar un pozo profundo de unos 2000 a 2500 metros en un campo geotérmico de alta entalpía. El rendimiento total promedio de pozos geotérmicos perforados en tales campos es equivalente a aproximadamente 5 MW. Por su parte, la capacidad instalada de la planta generadora de San Jacinto es de 72 MW_e. Los costos de perforación para una planta generadora geotérmica típicamente son de más o menos un 30% del costo total. Por lo tanto, el dinero que se gastó en el PFCG representa solamente una ínfima fracción del costo de la recién instalada planta en San Jacinto. La comparación indica también que la suma invertida en el PFCG valió mucho la pena.

Tabla 3.1 Cuadro sintético de los gastos anuales de ICEIDA en los diferentes componentes

TIPO DE ACTIVIDAD	PLAN PRESUPUESTARIO (EN MILES DE USD)	GASTOS REALES (EN MILES DE USD)	DIFERENCIA (EN MILES DE USD)
2008			
Asistencia técnica	729,7	170,2	559,5
Capacitación	151,3	216,7	-65,4
Infraestructura, equipo	183,9	244,6	-60,7
Administración	94,2	74,7	19,5
Evaluación	12,0	25,3	-13,3
Subtotal	1.171,1	731,5	439,6
Imprevistos (5%)	58,6	58,6	0,0
Gran total	1.229,7	790,1	439,6
Diferencia		439,6	
	<u>1.229,7</u>	<u>1.229,7</u>	
2009			
Asistencia técnica	530,1	405,3	124,8
Capacitación	174,8	244,7	-69,9
Infraestructura, equipo	11,8	49,0	-37,2
Administración	96,8	105,3	-8,5
Evaluación	50,0	9,9	40,1
Subtotal	863,5	814,2	49,3
Imprevistos (5%)	43,2	43,2	0,0
Gran total	906,7	857,4	49,3
Diferencia		49,3	

	<u>906,7</u>	<u>906,7</u>	
2010			
Asistencia técnica	376,1	327,1	49,0
Capacitación	192,9	242,0	-49,1
Infraestructura, equipo	2,0	0,0	2,0
Administración	98,3	119,8	-21,5
Evaluación ¹	0,0	0,0	0,0
Subtotal	669,3	688,9	-19,6
Imprevistos (5%)	33,5	33,5	0,0
Gran total	702,8	722,4	-19,6
Diferencia		-19,6	
	<u>702,8</u>	<u>702,8</u>	
2011			
Asistencia técnica	324,5	351,6	-27,1
Capacitación	170,1	156,7	13,4
Infraestructura, equipo	2,0	2,0	0,0
Administración	103,6	120,4	-16,8
Evaluación	15,3	15,5	-0,2
Subtotal	615,5	646,2	-30,7
Imprevistos (5%)	30,8	30,8	0,0
Gran total	646,3	677,0	-30,7
Diferencia		-30,7	
	<u>646,3</u>	<u>646,3</u>	
2012			
Asistencia técnica	292,4	290,5	1,9
Capacitación	42,0	42,0	0,0
Infraestructura, equipo	0,0	0,0	0,0
Administración	124,1	124,1	0,0
Evaluación	80,0	80,0	0,0
Subtotal	538,5	536,6	1,9
Imprevistos (5%)	26,9	0,0	26,9
Gran total	565,4	536,6	28,8
Diferencia		28,8	
	<u>565,4</u>	<u>565,4</u>	
¹ Va incluido bajo "administración "			

3.2 SOCIOS, INSTITUCIONES EJECUTORAS Y PARTICIPACIÓN DE PARTES INTERESADAS

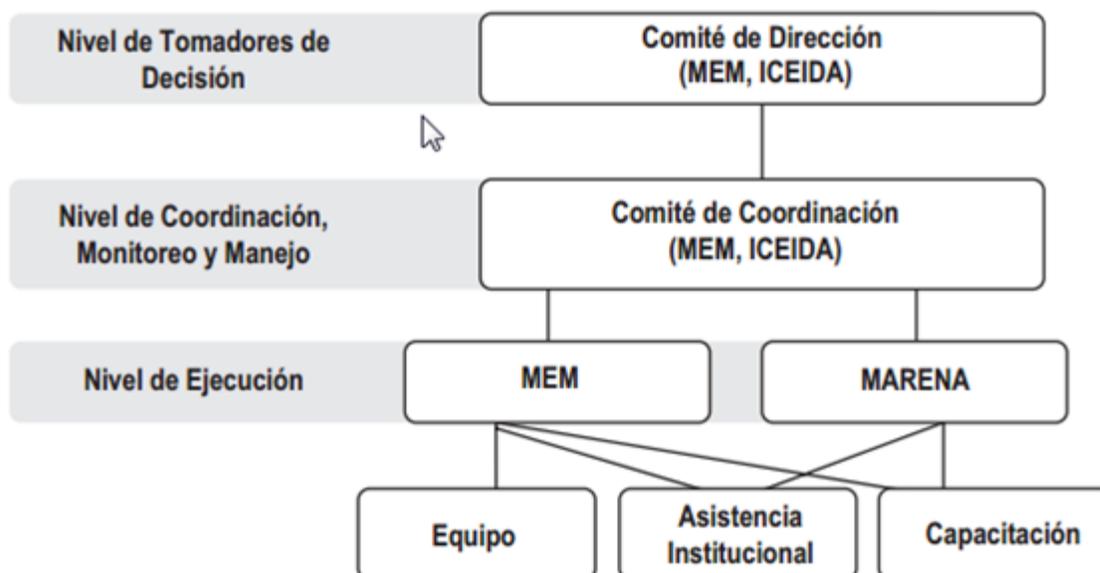
Socios: Gobierno de Nicaragua (GON), por medio del Ministerio de Energía y Minas (MEM). Gobierno de Islandia (GOI), por medio de la Agencia Islandesa de Desarrollo Internacional (ICEIDA).

Instituciones ejecutoras: Gobierno de Nicaragua (GON), por medio del Ministerio de Energía y Minas (MEM) y del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARENA).

Principales partes interesadas: Los concesionarios en áreas geotérmicas, las alcaldías de municipalidades con campos geotérmicos de alta entalpía y las universidades. A estos entes se les invitó a permitir que su personal participara en los cursos ofrecidos por el PFCG (véase la sección 4.2).

3.3 ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DEL PFCG

Inicialmente el Director de la Oficina de País de ICEIDA en Nicaragua era el encargado de la gestión general del PFCG, por medio de su lugar en el Comité de Dirección. El primer Director de País para ICEIDA fue el Sr. Gísli Pálsson. En 2008 el Sr. Geir Oddsson asumió las riendas como Director de la Oficina de País. Cuando la Oficina cerró el 1 de agosto de 2009, el papel de gestión del proyecto se transfirió a la oficina de ICEIDA en Islandia. El Sr. Gísli Pálsson regresó a su puesto anterior en el Comité de Dirección y dio seguimiento al proyecto hasta su conclusión el 31 de diciembre de 2012.



El Comité de Dirección (CD) fue la más alta autoridad del PFCG. Se reunía dos veces al año para aprobar el Plan Anual de Operaciones (PAO), revisar el presupuesto, dar seguimiento a la ejecución del proyecto y establecer la Estrategia Anual. Por parte de ICEIDA integraban el CD tres miembros oficiales de ICEIDA (el director de ICEIDA, el consultor de ICEIDA para geotermia, y la coordinadora del Proyecto); el MEM estaba representado de manera oficial por su vice ministra; el MINREX tenía a dos (2) representantes; y también estaban dos representantes del MARENA, más su vice ministro, quién se sumó al CD como observador luego de la Evaluación de Mitad de Periodo en 2009. Otros miembros de MARENA y del

MEM participaban de las reuniones, según la necesidad. EL CD tomaba decisiones por consenso, y sus miembros tenían iguales derechos y deberes con relación al Proyecto.

Por sus labores en el Proyecto los miembros nombrados al CD por el MEM, ICEIDA, MARENA y MINREX no recibían salario, remuneración, dietas ni remuneración de ningún tipo del presupuesto del PFCG.

También se estableció un Comité de Coordinación (CC), con personas nombradas por el CD. Al inicio tenía solamente dos miembros, una representante del MEM y la coordinadora de ICEIDA, quien fungía también como coordinadora general del Proyecto. Luego de la Evaluación de Mitad de Periodo del 2009, se decidió añadir una persona más, en representación del MARENA.

El papel de la coordinadora fue el de representar al PFCG en sus relaciones interinstitucionales, y mantener fluida la comunicación oficial con el ministro del MEM y el director de ICEIDA. Luego de la Evaluación de Mitad de Periodo del 2009, su papel se expandió para incluir también responsabilidad con sus contrapartes en el MARENA. No se nombró oficialmente un gerente para el Proyecto.

El CC estuvo encargado de las tareas de seguimiento al Proyecto, su coordinación, monitoreo y evaluación. Tomaba decisiones por consenso, y cada integrante tenía los mismos derechos y obligaciones con relación al Proyecto. El principal contratista fue ISOR, y asumió algunas responsabilidades, siempre en acuerdo con el CC. Para mayor información, véase la sección sobre el diseño en el capítulo 11 del DFP-PFCG.

Por sus labores en el Proyecto los miembros nombrados al CC por el MEM, ICEIDA, MARENA y MINREX no recibían salario, remuneración, dietas ni remuneración de ningún tipo del presupuesto del PFCG.



3.4 OBJETIVO, COMPONENTES, ACTIVIDADES Y PRODUCTOS

El PFCG se concentró su apoyo al desarrollo geotérmico de Nicaragua al abarcar tres (3) grandes áreas que son de importancia estratégica: Asistencia técnica, la capacitación y formación de los recursos humanos; y la dotación del equipo necesario para fortalecer la capacidad nacional, en coordinación con el sector geotérmico. El objetivo general fue el de intensificar la utilización de los recursos geotérmicos en Nicaragua (ICEIDA – MEM (2008)).

Componente 1: Fortalecer la capacidad técnica y científica en el MEM y el MARENA para coordinar, supervisar, monitorear y desarrollar la exploración y explotación de los recursos geotérmicos en Nicaragua.

Componente 2: Llevar a cabo un proceso de fortalecimiento de capacidades en las instituciones para fines de seguimiento, monitoreo, supervisión, gestión y vigilancia ambiental de los proyectos geotérmicos en Nicaragua, dirigido a los funcionarios públicos.

Componente 3: Dotación con recursos técnicos, infraestructura y equipo a un Laboratorio de Geoquímica y Geotermia.

Productos del componente 1:

1. Desarrollado un proyecto de asistencia técnica de corto y mediano plazo para la creación de capacidades en el MEM con referencia al monitoreo, seguimiento y evaluación de la gestión y desarrollo de la producción geotérmica en Nicaragua.
2. Fortalecida la capacidad en MARENA y el MEM para el monitoreo y valoración de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA).
3. Fortalecida la capacidad en MARENA y el MEM para la incorporación del uso sostenible de los recursos geotérmicos en las áreas protegidas mediante planes de gestión.
4. Fortalecida la Oficina de Desarrollo Nacional Limpio (ONDL) en el MARENA y la Unidad de Gestión Ambiental (UGA), por medio de la aplicación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) a los proyectos geotérmicos.

Productos del componente 2:

1. Fortalecidas las capacidades que se necesitan entre técnicos y funcionarios del sector público para supervisar, monitorear y darle seguimiento a los proyectos geotérmicos en Nicaragua.
2. Fortalecidas la capacidad técnica entre los empleados del gobierno por medio de algunas técnicas de capacitación y el estudio de temas que sirvan de apoyo al desarrollo de proyectos geotérmicos.

Productos del componente 3:

1. Equipado y fortalecido el Departamento de Investigación Geotérmica (DIG) del MEM.
2. Transferido al MEM el laboratorio geoquímico de ENEL. Acondicionado y equipado el laboratorio, con el fin de satisfacer la demanda con relación al desarrollo de investigaciones sobre la producción geoquímica y geotérmica en Nicaragua.

Principales actividades del proyecto

Actividades del Producto 1, componente 1:

Para la asistencia técnica orientada a fortalecer capacidades en el MEM para el monitoreo, seguimiento y evaluación de la gestión y el desarrollo de la producción geotérmica en Nicaragua, el proyecto llevará a cabo las siguientes actividades:

1. Brindar asistencia técnica al MEM con el propósito de valorar las posibilidades de aumentar la generación de vapor en el campo geotérmico de Momotombo, así como evaluar los resultados de las investigaciones científicas llevadas a cabo por GeoNica en su concesión de exploración y gestión del reservorio San Jacinto - Tizate.
2. Brindar asistencia técnica para la redacción de políticas orientadas a regir la ejecución de proyectos geotérmicos y la evaluación de procesos de licitación para las concesiones geotérmicas.
3. Brindar asistencia técnica para crear un Departamento de Investigación Geotérmico (DIG) en el MEM, y definir su papel y estructura. Asimismo, revisar el Plan Maestro de Geotermia, apoyar a las actividades de la Unidad de Investigación, y validar los métodos de análisis geotérmicos utilizados. Revisar y actualizar la base de datos geoquímicos.
4. Proveer de asistencia técnica al MEM para la identificación del potencial industrial en áreas de baja entalpía y para el proyecto de bombas de calor para proyectos agrícolas a ser ejecutados por el MEM y la UNAN-León.

Actividades del Producto 2, componente 1:

Este producto se refiere a la asistencia técnica conducentes al fortalecimiento de capacidades en MARENA y el UGA-MEM para poder monitorear las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA). Las principales actividades son como sigue:

1. Brindar asistencia técnica con el fin de revisar el alcance de los Términos de Referencia (TdR) y los documentos EIA sobre actividades de desarrollo geotérmico en sus diferentes etapas. Revisar la metodología de las EIA referentes a los proyectos geotérmicos y auditorías ambientales en proyectos geotérmicos. Publicar un manual y un afiche sobre los pasos a tomar en la realización de un EIA.
2. Brindar servicios de asesoría para la preparación de las normas técnicas obligatorias nicaragüenses (NTON) para los proyectos geotérmicos, así como la realización de conferencias, reuniones y seminarios sobre la legislación pertinente, las regulaciones ambientales y el desarrollo de recursos geotérmicos en sus diferentes etapas.

Actividades del Producto 3, componente 1:

Este producto consiste en asistencia técnica para el fortalecimiento de capacidades en el MEM y el MARENA para que se incluyan el uso sostenible de los recursos geotérmicos en los planes de gestión para áreas protegidas (parques). Se realizarán las siguientes actividades:

1. Asistencia técnica para la identificación de áreas protegidas con potencial y factibilidad para el desarrollo geotérmico y la subsiguiente protección de los activos naturales en estas áreas.

2. Inclusión del uso de recursos naturales en los planes de gestión para los complejos volcánicos de Momotombo-Momotombito, Managua-Chiltepe, Telica, Santa Clara y El Chonco.

Actividades del Producto 4, componente 1:

Se espera que este producto resulte de la asistencia técnica dirigida a fortalecer la Oficina de Desarrollo Nacional Limpio (ONDL) en el MARENA y la Unidad de Gestión Ambiental (UGA), por medio de la aplicación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) a los proyectos geotérmicos.

1. Fortalecer el marco institucional de la ONDL y de la UGA-MEM en lo referente al MDL para proyectos geotérmicos.
2. Buscar consultorías internacionales para la preparación de una metodología para la venta de certificados de reducción de emisión de gases invernaderos en proyectos geotérmicos, y publicar la información acerca del financiamiento de proyectos geotérmicos bajo el MDL.

Actividades del Producto 1, componente 2:

Este producto refleja la capacitación de los recursos humanos para fortalecer capacidades entre técnicos y funcionarios del sector público para supervisar, monitorear y darle seguimiento a los proyectos geotérmicos en Nicaragua. Las actividades a realizar son:

1. Ejecutar un programa de capacitación con varios niveles de especialización, como por ejemplo cursos de postgrado, estudios a nivel de maestría, cursos técnicos, seminarios, talleres y reuniones.

Actividades del Producto 2, componente 2:

También este producto se refiere a la capacitación de los recursos humanos, en este caso con el fin de fortalecer capacidades entre funcionarios públicos en instituciones del gobierno, personal en las universidades y desarrolladores privados, por medio de técnicas de capacitación adicionales y el estudio de temas relevantes a los proyectos geotérmicos.

1. Ejecutar un programa de capacitación con cursos especializados en temas específicos, el intercambio de experiencias y membresía en organizaciones internacionales que trabajan en asuntos relacionados con la geotermia.

Actividades del Producto 2, componente 3:

Este producto cubre la dotación con recursos técnicos, equipo e infraestructura para el acondicionamiento y equipamiento del laboratorio de Geoquímica del MEM. Las actividades a realizar son como sigue:

1. Reconstruir y acondicionar el laboratorio geoquímico y proveer de equipo e instrumentos, así como de capacitar a recursos humanos para que conozcan bien sus usos y aplicaciones.

3.5 HITOS DEL PROYECTO

El PFCG contiene los siguientes cinco (5) hitos:

1. El primer hito es la asistencia técnica especializada en el área de actividad geotérmica. Esto permitirá crear la capacidad necesaria para poder coordinar, supervisar, monitorear y desarrollar la exploración y explotación de los recursos geotérmicos de Nicaragua, como manera de superar la debilidad institucional del MEM y de crear condiciones de sostenibilidad institucional en la supervisión y gestión de plantas geotérmicas.
2. El segundo hito importante es la creación de un Departamento de Investigación Geotérmica en el MEM, el cual será dotado no solamente con equipo y recursos humanos calificados, sino que tendrá un papel claramente definido, con un conjunto de actividades que deberá realizar. Además, el DIG proveerá de servicios a la industria geotérmica y será autosostenible.
3. El tercer hito es la certificación y validación del laboratorio geoquímico, el que marca cambios cuantitativos en la capacidad institucional del MEM para gestionar la investigación y brindar atención a la producción geotérmica.
4. El cuarto hito está relacionado con el fortalecimiento de capacidades en el MARENA y el MEM, con el fin de gestionar los procesos que guían las EIA en las plantas geotérmicas, así como la producción geotérmica en áreas protegidas. Esto contribuirá a una mayor cohesión en el mandato de MARENA para promover y proteger el medio ambiente y los recursos naturales.
5. El quinto hito concierne el desarrollo de la capacidad del MARENA y de la UGA-MEM para brindar servicios de asesoría a los desarrolladores de proyectos en el uso de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), con el propósito de vender certificados de reducción de emisiones de gases invernaderos en los proyectos geotérmicos. Esto abrirá un área de incentivos institucionales para las inversiones en geotermia.

»»04

METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN
DEL PROYECTO

4.1 EQUIPO DE EVALUACIÓN, TEMAS Y PREGUNTAS

El equipo de evaluación externa es encabezado por la señora Halldóra Hreggvidsdóttir, responsable en nombre de Alta Consulting Inc. de la ejecución de la EFE. La pericia en el campo de la geotermia está a cargo del profesor Stefan Arnórsson, bajo un subcontrato entre Alta Consulting Inc. y Reykir Inc.

Para el GON, la evaluación proveerá de insumos y aprendizajes para poder continuar a promover la utilización de los recursos naturales en Nicaragua. Por su parte, para ICEIDA la evaluación proveerá de insumos y servirá como retroalimentación para la planificación de futuros proyectos de desarrollo, especialmente en el campo de recursos energéticos renovables y benignos con el medio ambiente, así como en lo referente al tema de fortalecimiento institucional.

Se han identificado un número de temas y preguntas, con el fin de evaluar el resultado y el impacto del PFCG sobre los beneficiarios meta en las áreas pertinentes. El principal énfasis de la Evaluación fue el de averiguar los resultados del PFCG sobre lo siguiente:

- » ¿Hasta qué punto ha contribuido el PFCG a mejorar el uso que hace el GON de los recursos geotérmicos en Nicaragua?
- » ¿Hasta qué punto el PFCG ha mejorado la capacidad institucional, científica y técnica para desarrollar y utilizar los recursos geotérmicos de manera sostenible?

Algunas de las preguntas fundamentales están vinculadas a los productos identificados en los tres (3) componentes del PFCG, y si se han cumplido según se especifica en la matriz de marco lógico y en la reseña de actividades y tareas señaladas en los anexos del Documento Final de Proyecto del PFCG. Al hacer uso de éstas, quedará claro si el GOI, por medio de ICEIDA, ha cumplido con las especificaciones del proyecto referentes a los siguientes compromisos:

- » Proveer de fondos para la asistencia técnica a las instituciones nicaragüenses activas en el desarrollo y monitoreo de los recursos geotérmicos por un período de cinco (5) años.
- » Proveer de capacitación técnica a profesionales nicaragüenses.
- » Proveer a las instituciones de los equipos necesarios para el efectivo monitoreo y desarrollo de los recursos geotérmicos.

Otro conjunto de temas y preguntas cuyo cumplimiento se averigua están relacionadas con el compromiso del GON por medio del MEM y del MARENA:

- » Ejecutar y darle seguimiento a las actividades de asistencia técnica.
- » Establecer un Departamento de Investigación Geotérmica (DIG) en el MEM.
- » Coordinar la reactivación e instalación de un Laboratorio de Geoquímica y Geotermia (LGG).
- » Contribuir a la sostenibilidad financiera del DIG a largo plazo.
- » Establecer una coordinación eficiente entre el MEM y el MARENA para fines de monitoreo y capacitación ambiental en el contexto de las actividades de los desarrolladores.

Para verificar lo anterior en mayor detalle, se pueden formular las siguientes preguntas:

- » ¿Existen hoy día en Nicaragua los conocimientos necesarios para garantizar que el país esté plenamente calificado para realizar las investigaciones científicas pertinentes para el desarrollo de los recursos geotérmicos?
- » ¿Cómo piensa el GON continuar el trabajo iniciado por el PFCG?
- » ¿Con referencial al conocimiento, hubo alguna mejora que perdurará más allá del periodo del proyecto (sostenibilidad de la capacitación)?
- » ¿Hay un entendimiento mutuo acerca del impacto del proyecto?

Las siguientes preguntas tratarán de forma resumida con algunos temas particulares:

- » ¿La capacitación y formación ofrecidas, incluyendo los cursos y el material presentado abarcaron todos los temas pertinentes?
- » ¿Cuál fue la calidad de la asistencia técnica, el enfoque de los expertos y sus recomendaciones en cuanto al desarrollo de los recursos geotérmicos?
- » ¿Cuáles son los comentarios acerca de la infraestructura, las instalaciones, y la dotación de instrumentos, equipos y materiales?
- » ¿Cómo estuvo el apoyo institucional, el papel jugado por las diferentes direcciones y departamentos, y la descripción de los puestos?
- » ¿Qué tan bien desempeñaron sus funciones las instituciones y los ministerios con referencia a sus responsabilidades, capacidades y el proceso de toma de decisiones durante el desarrollo sostenible de los recursos geotérmicos?
- » ¿Cuál es la opinión acerca de la definición del PFCG, incluyendo su gerencia y eficiencia?
- » ¿Cuáles son los aprendizajes y cuál es el camino a seguir?
- » ¿Cómo estuvo la cooperación entre el GON e ICEIDA?

Asimismo, se necesita de información acerca de lo siguiente:

- » La política energética del GON, el tipo y la cantidad de plantas generadoras, cuáles son las fuentes de energía utilizadas y el total de potencia instalada en el país cuando empezó el PFCG y en la actualidad.
- » Las instalaciones disponibles en Nicaragua para realizar investigaciones encaminadas al desarrollo de recursos geotérmicos.
- » La cantidad de campos geotérmicos demostrados en Nicaragua, su tamaño (si es conocido) y las temperaturas de subsuperficie estimadas.
- » Las áreas que ya han sido desarrolladas, las que se encuentran en desarrollo y en las que se realizaron perforaciones.
- » Si el MEM tiene una estrategia para el desarrollo de los campos geotérmicos, así como para monitorear su respuesta a la carga de explotación.
- » Como se pueden conectar los campos geotérmicos de mayor interés en la actualidad a las líneas de transmisión de alto voltaje.

- » Si hay una preocupación ambiental por la eliminación de fluidos, y de ser así, ¿por cuáles razones? (química de los fluidos, efectos sobre el desempeño del reservorio, etc.).
- » El protocolo para todos los aspectos de la EIA y la planificación estratégica de uso del suelo para el desarrollo de los recursos geotérmicos.

Los temas delineados más arriba se utilizan para valorar y analizar el PFCG, con relación al siguiente:

- » **Pertinencia.** Pertinencia en el contexto de:
 - Las metas del GON referentes al sus políticas de alivio de la pobreza.
 - Las metas del GON referentes a la producción de energía.
 - Temas transversales relacionados con la sostenibilidad ambiental (v.g. impactos del cambio climático) y la igualdad de género, según se declara en las políticas del GON.
- » **Eficiencia.** Valorar el uso de los recursos financieros y humanos disponibles al PFCG. Aquí lo importante es poder examinar la coherencia y las complementariedades entre los diferentes proyectos y programas del gobierno, así como la coherencia con otros programas de asistencia para el desarrollo, ya sea de Islandia u otros países cooperantes en Nicaragua.
- » **Impacto.** Un análisis de los impactos positivos y negativos en la sociedad, con relación a todas las partes afectadas por el PFCG.
- » **Efectividad.** Examinar el grado hasta el cual se lograron los objetivos de proyecto, tomado en cuenta su importancia relativa.
- » **Sostenibilidad de los resultados.** Valorar si es probable que los beneficios netos continuarán después de concluida la asistencia. Se puede examinar la sostenibilidad de las instituciones en términos de su capacidad de absorción o la retención de los conocimientos adquiridos durante el proyecto.

4.2 METODOLOGÍA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

El Equipo de Evaluación Final Externa (EEFE) recopiló y analizó datos, en estrecha consulta con ICEIDA. En esencia, hubo tres importantes fuentes de información para el presente Informe: personas, documentos y una visita *in situ*. El EEFE revisó numerosos documentos e informes (véase Bibliografía e Informes). Asimismo, consultó e entrevistó a representantes de los socios en el proyecto y de las partes interesadas, por medio de reuniones cara-a-cara y semiestructuradas, así como por teléfono. Se realizó una visita a Nicaragua, del 25 de noviembre al 7 de diciembre de 2012, con el fin de recopilar datos y realizar entrevistas durante la etapa de ejecución. La lista de socios y partes interesadas que se consultaron se presenta en el Anexo II. El enfoque de la Evaluación fue consultivo, participativo y se hizo énfasis en el aspecto práctico.

Se llevó a cabo en conformidad con los principios, las normas y las prácticas establecidas por la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI) en sus Guías para Evaluaciones de 2002 y 2004. También se utilizaron las Guías para Evaluaciones de DANIDA (2006).

La Evaluación se dividió en los siguientes tres pasos:

1. Establecimiento de una línea base para el estudio EFE. Finalizado en el Informe Inicial de ICEIDA, 14 de noviembre de 2012.

2. Valoración de parte de los socios y partes interesadas acerca del éxito e impacto del PFCG, con base en entrevistas conducidas en Nicaragua y en Islandia. Las preguntas y los temas de interés para el EEFE se encuentran en la sección 4.1 del presente Informe (“Equipo de Evaluación, temas y preguntas”), más arriba. Asimismo, véase el Primer Borrador de Informe, 9 de enero de 2012. Enviado para revisión del 9 al 21 de enero de 2013.
3. Evaluación, conclusiones, recomendaciones y aprendizajes, basados en la experiencia y los conocimientos del EEFE en este campo. Presentado en el Segundo Borrador de Informe de ICEIDA, enviado para revisión el 5 de febrero, 2013 hasta febrero 18 2013.
4. A Third Draft Report, sent out for review on February 28th for comments received by March 4th, 2013.
5. El día 21 de marzo de 2013 se celebró una reunión final del Comité de Dirección del PFCG, en la que se presentaron las conclusiones del EEFE.
6. Luego de la reunión del Comité de Dirección del PFCG, hubo otra ronda de sugerencias para revisiones por parte del equipo nicaragüense. El Informe Final se entregó en junio de 2013.

El EEFE utilizó análisis descriptivos, de contenido y comparativos para estudiar los datos para este Tercero Borrador de Informe, y hasta donde le fue posible, verificó los datos con múltiples fuentes. Con base en el análisis de los datos, el EEFE elaboró sus hallazgos, conclusiones y recomendaciones.



4.3 PRINCIPALES RETOS: EVALUACIONES Y LIMITACIONES

Disponibilidad de datos sobre el PFCG. Luego de firmarse el contrato entre Alta Inc. e ICEIDA, el EEFE tuvo muy poco tiempo para preparar el Informe Inicial, y la visita a Nicaragua fue de exactamente 12 días. ICEIDA envió dos lotes de informes que se habían preparado en el transcurso del PFCG. En los días y semanas subsiguientes el EEFE recibió muchos otros informes por parte de personas entrevistadas en Islandia antes y después de su visita a Nicaragua, así como durante su estadía. Aparentemente, ICEIDA

no había recibido algunos de estos informes. Una de las dificultades fue el traslape en el tiempo entre el trabajo del EEFE y la etapa final del PFCG, el cual pasaba por concluir algunos informes. No obstante, el EEFE considera que la muy buena disposición y asistencia recibida por todos los socios del proyecto compensó con creces esta dificultad.

»»05

HALLAZGOS

Este capítulo resume el estado de ejecución de Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia (PFCG) y su desempeño general, con base en los criterios de evaluación, temas y preguntas que se formulan en la sección 4.1, más arriba. El grado de ejecución de los tres componentes se valora con base en las actividades y tareas identificadas en el PFCG-DFP, la administración, evolución y desempeño general del Proyecto, con base en diferentes informes, los informes anuales, memoranda y documentos provenientes de las actividades regulares del Comité de Dirección, y entrevistas con socios, las principales partes interesadas y diferentes consultores.

5.1 EVALUACIÓN Y ESTADO DE EJECUCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL PROYECTO

5.1.1 Componente 1 – Asistencia técnica

LÍNEA BASE DEL COMPONENTE 1

En enero de 2007 empezó el periodo del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional, y el Ministerio de Energía y Minas (MEM) fue creado como agencia encargada de la planificación, coordinación, formulación de propuestas y ejecución del plan estratégico y las políticas públicas referentes a la generación de energía en general y del sector geotérmico en particular. Estas eran funciones que antes le correspondían al Instituto nacional de Energía (INE) y al Comisión Nacional de Energía. Así es que el MEM estaba recién establecido cuando dio inicio en 2007/2008 (véase el historial del PFCG en el Anexo I). En aquel entonces prevalecía una falta de experiencia y conocimientos generales acerca de recursos geotérmicos, tanto en el MEM como en el MARENA, específicamente en lo concerniente a cómo desarrollarlos y qué normas aplicar al otorgar concesiones. Asimismo, se sabía relativamente poco acerca de la abundancia de recursos geotérmicos de baja y mediana entalpía en Nicaragua. Era limitada la capacidad en el MEM para la coordinación, supervisión, monitoreo y desarrollo de la exploración y explotación de los recursos geotérmicos. Se identificó que había una clara necesidad y demanda por asistencia técnica en estas áreas. En el MARENA había una situación similar, y la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) del MEM necesitaba fortalecer sus conocimientos acerca de los efectos ambientales del desarrollo de sistemas geotérmicos. También era importante mejorar la eficiencia de las evaluaciones de impacto ambiental (EIA). En MARENA y la UGA-MEM sí había capacidad y conocimiento acerca de cómo desarrollar recursos naturales en áreas protegidas, como son los parques nacionales en general, pero no en lo conveniente a los recursos geotérmicos contenidos en tales áreas.

Por lo tanto, el objetivo del **Componente 1: Asistencia Técnica**, fue el de fortalecer una comprensión general sobre los recursos geotérmicos en la administración pública, y en particular entre los funcionarios del MEM y del MARENA. En la Dirección de Geotermia (DDG) del MEM había la necesidad de crear la capacidad para evaluar y monitorear el desarrollo por parte de concesionarios de las áreas geotérmicas y el conocimiento requerido para establecer normas durante los periodos de exploración y explotación. En MARENA y en la UGA-MEM era necesario fortalecer el conocimiento y establecer normas para el desarrollo geotérmico durante las etapas tanto de exploración como de explotación, así como fortalecer las capacidades para evaluar las EIA. En ambos ministerios era importante poder gestionar el uso sostenible de los recursos geotérmicos en las áreas protegidas mediante planes de

gestión. Al inicio del PFCG hubo un plan para fortalecer la Oficina de Desarrollo Nacional Limpio (ONDL) en el MARENA y la UGA-MEM, por medio de la aplicación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) a los proyectos geotérmicos. Este producto esperado se abandonó en 2009 y se cambió por estudios de la fragmentación de bosques en áreas protegidas, temática en la que se brindó asistencia técnica en diferentes aspectos.

El objetivo general del componente 1, los resultados esperados, la línea base, los indicadores verificables y los medios de verificación, así como los factores de riesgo interno y externo se describe en el Marco Lógico del PFCG (véase el Anexo I del PFCG-DPF). Las actividades y tareas individuales requeridas para cumplir con este objetivo, y directamente relacionados con los medios de verificación del componente 1 se detallan en el Anexo III del PFCG-DPF. Se encontró que para la evaluación de tareas era provechoso para el EEFE utilizar la descripción de actividades y tareas que se enumeran en el mencionado Anexo como indicadores verificables para establecer el grado de cumplimiento con los resultados esperados. Como tal, estos son útiles para poder brindar un cuadro sintético del estado de ejecución, el que se presenta a continuación.



Estado de ejecución: El fortalecimiento de capacidades fue el mayor componente del PFCG. Las actividades bajo este componente se describen en detalle en un Informe Final sobre las actividades de ISOR en Nicaragua (Fridriksson, 2012b). Sigue una breve descripción de cada actividad, su grado de avance y los principales resultados.

Las Actividades 1a) y b) abarcaron la revaloración, en conjunto con la DDG-MEM, del reservorio en el campo geotérmico de Momotombo, y la realización de estudios para encontrar las maneras de

aumentar la producción de energía. Esto se cumplió (Fridriksson *et al.*, 2012; Egilsson *et al.*, 2012; y Fridriksson, 2012b). El resultado más importante la estimación de que la capacidad del campo de pozos es de 30-35 MW_e (Egilsson *et al.*, 2012), lo cual se debe considerar en comparación con la producción actual de 30 MW_e. La participación del personal de la Dirección de Geotermia (DDG) del MEM en la revisión e interpretación de los datos históricos de Momotombo es visto como uno de los importantes productos del proyecto.

Las Actividades 2a) hasta e) fueron la evaluación de las investigaciones geocientíficas a ser realizadas por GeoNica en los campos geotérmicos de El Hoyo – Monte Galán y Managua – Chiltepe. La meta era la de capacitar el personal en la DDG-MEM para cubrir las etapas de exploración y explotación de los campos geotérmicos, utilizando los campos antes mencionados como ejemplos. Esto resultó ser poco realista, ya que los planes de desarrollo originales para estos dos campos geotérmicos fueron cambiados, debido a los resultados desalentadores durante las etapas de exploración. Por lo tanto, ISOR entregó retroalimentación a la DDG-MEM sobre el trabajo de exploración de la superficie y los resultados de las perforaciones de exploración en cada uno de los campos (Hersir y Ólafsson, 2009^a; 2009b y Mortensen y Egilsson, 2012). No se descubrieron anomalías termales en el campo de Managua-Chiltepe. En el campo de El Hoyo-Monte Galán la permeabilidad es baja, pero se encontraron temperaturas de aproximadamente 200°C. Todavía no se ha tomado una decisión acerca de si se continuarán realizando perforaciones en otras partes de los dos campos en cuestión (véase el Anexo V).

Las Actividades 3a) y b) se diseñaron para la provisión de asistencia técnica a la DDG-MEM en las etapas de desarrollo durante la expansión del área geotérmica San Jacinto-Tizate, además de brindar apoyo para la evaluación de la gestión del reservorio San Jacinto-Tizate. ISOR trabajó con la DDG-MEM en la evaluación de los planes para monitorear el reservorio, la revisión de los informes de perforaciones provenientes de Polaris (Thórhallsson y Mortensen, 2008), los planes de desarrollo en 2009 y los planes de desarrollo y monitoreo en 2011 y 2012 (Steingrímsson y Fridriksson, 2012). Se publicaron varios informes durante este proceso (véase de nuevo Fridriksson, 2012b). Asimismo, ISOR llevó a cabo un estudio sobre la factibilidad técnica de la planta generadora, que ahora ya está en operaciones, ya que hubo una controversia acerca del tipo y tamaño de las turbinas adquiridas por Polaris (Ingimundarson y Thórhallsson, 2012). La adquisición fue aprobada por el GON antes de que se completara el estudio. Como parte de esta actividad, Jóhannesson impartió un curso sobre el diseño y la eficiencia de plantas generadoras (véase Jóhannesson, 2011, sí como el Anexo V).

La Actividad 4 trataba de asistencia técnica para la elaboración de reglamentos y normas para el sector gubernamental y los procesos de licitación para los nuevos concesionarios. Incluiría una revisión de los reglamentos utilizados en otros países, la elaboración de reglamentos pertinentes para uso en el caso de los recursos geotérmicos de Nicaragua y asistencia técnica para los procesos de licitación. En 2008 ISOR inició un estudio sobre reglamentos para el proceso de otorgamiento de permisos para el desarrollo geotérmico al analizar los marcos regulatorios del sector de geotermia en Islandia y comparándolos con el marco regulatorio en los EE.UU. y Nueva Zelanda (Steinsdóttir y Ketilsson, 2008; Steinsdóttir *et al.* 2009). El MEM no completó sus estudios del marco regulatorio en países de América Latina, ya que se consideró poco relevante. Esta tarea avanzó bastante en el año 2011, durante el cual el MEM y el MARENA trabajaron conjuntamente en la elaboración de normas para los procesos de otorgamiento de

permisos para el sector geotérmico, acompañados por la consultora salvadoreña Ana María González (véase también Zeledón, 2011, y Hernández 2012). ISOR y la Agencia Islandesa de Ordenamiento Territorial (NPA) brindaron retroalimentación a los borradores de estos trabajos (Ármansson *et al.*, 2011). Se redactaron los siguientes textos: “Guía General: términos de referencia para la preparación de evaluaciones de impacto ambiental para proyectos geotérmicos, fase de exploración”, (Dirección General de Calidad Ambiental, MARENA, 2011) y “Guía General: términos de referencia para la preparación de evaluaciones de impacto ambiental para proyectos geotérmicos, fase de explotación (Dirección General de Calidad Ambiental, MARENA, 2011). Un segundo borrador de las normas ha sido enviado a las principales partes interesadas para sus comentarios. Las normas serán analizadas en una reunión planificada para febrero de 2013. Luego de oír los insumos durante la reunión, el MARENA y el MEM finalizarán la elaboración de estas normas, tomando en cuenta la retroalimentación y los valiosos insumos de los concesionarios y otras partes interesadas. Una vez terminadas, serán adoptadas como instrumento legal en el transcurso del año 2013. ISOR también asistió a la DDG-MEM en los procesos de licitación para la concesión del campo geotérmico Casitas – San Cristóbal.

La Actividad 5 incluía un apoyo generalizado para el fortalecimiento estructural y del conocimiento en el Departamento de Investigación Geotérmica (DIG) del MEM.

La Actividad 5.1 consistió de asistencia técnica de corto plazo, con el fin de definir el papel y la estructura del DIG-MEM. La Tarea 5.1a fue la identificación de las actividades a realizar por parte del DIG. Esta tarea se llevó a cabo sin la participación de ISOR. La Tarea 5.1b abarcó un estudio de las necesidades de análisis geoquímicos en el mercado, incluyendo la validación y acreditación del Laboratorio de Geoquímica y Geotermia (LGG). Los estudios sobre las necesidades del mercado se postergaron de 2008 al 2011 por una serie de razones (véase Fridriksson 2012b). Los resultados del estudio de mercado indicaron que en efecto existe demanda por los servicios de un laboratorio de este tipo (Sandino, 2011).

El LGG ya está en operación. Actualmente va encaminado el proceso de acreditación por parte de la Oficina Nacional de Acreditación (ONA). El LGG ya ha sido auditado dos veces y se planea concluir el proceso para el primer conjunto de elementos en el transcurso del primer semestre de 2013. Para mayor información acerca de la asistencia brindada al desarrollo del LGG, véanse los siguientes informes: Ármansson, 2008; Ármansson *et al.*, 2009; Renderos, 2009, 2011; y los documentos terminados sobre Sistemas de Control de Calidad (Fridriksson, 2012b). Además, véase la Tarea 5.4a.

La Tarea 5.1c trató de definir la relación entre los diferentes departamentos bajo la Dirección de Geotermia (DDG) del MEM. Esto no ocurrió formalmente como parte del PFCG, y fue realizado por personal de la DDG-MEM. Originalmente el LGG formaba parte del DIG-MEM, pero como resultado de este estudio se decidió ubicarlo directamente bajo la Dirección General de Recursos Energéticos Renovables.



Mapa de Nicaragua mostrando las áreas geotérmicas visitadas por el Grupo Geotérmico del MEM desde 2010 para propósitos de reconocimiento.

Este cambio importante fue para evitar que existiera un conflicto de interés entre la DDG-MEM y las organizaciones privadas. Asimismo, sirve para poner énfasis en la amplia gama de servicios geotérmicos a ser ofrecidos por el LGG.

La Actividad 5.2a estuvo dirigida a brindar asistencia de corto plazo para la revisión del Plan Maestro Geotérmico de Nicaragua elaborado por GeothermEx en 2001, y en el cual la capacidad de generación fue estimada en 1,519 MW_e (GeothermEx, 2001). La Tarea 5.2b se propuso especificar aquellas áreas en las que todavía hace falta concluir los estudios de prefactibilidad. Como no está

disponible información nueva acerca de los campos geotérmicos volcánicos, con excepción de Casitas – San Cristóbal y San Jacinto – Tizate, la capacidad de generación eléctrica de los campos fue revaluada utilizando solamente el método Monte Carlo (Ruiz-Mendieta, 2009). La capacidad de generación revisada a un nivel de 90% de probabilidad es un poco más bajo para el campo Casitas – San Cristóbal (53-188 MW_e, comparado con el 225 MW_e estimado antes), pero para San Jacinto – Tizate la estimación estuvo dentro del rango de la revaloración (91-237 MW_e, en comparación con 167 MW_e).

La Actividad 5.3 fue la de brindar asistencia técnica de corto y largo plazo a la DDG-MEM. En la Tarea 5.3a se llevaron a cabo estudios de prefactibilidad en áreas de alta entalpía, mientras que en la Tarea 5.3b se hicieron estudios de prefactibilidad en áreas de baja entalpía. Se proveyó de apoyo al DIG-MEM para la realización de estudios de reconocimiento geológicos y geoquímicos tanto en áreas de alta como de baja entalpía. Esto significó capacitación en el campo, así como cooperación y apoyo para la interpretación de datos y el rendimiento de informes, lo que ha sido una responsabilidad del personal del DIG-MEM. Hasta la fecha, se ha completado el trabajo de campo geológico para ocho (8) áreas, y se redactaron cuatro (4) informes. Por otra parte, se han terminado los mapas geológicos para las diez (10) áreas, y ya se redactaron los borradores de los informes geológicos para todos. Los resultados del trabajo de campo geoquímico para las diez (10) áreas ya fueron procesados por el LGG y han sido ingresados al Sistema de Gestión de Datos del MEM. Se han calculado las temperaturas por medio de geotermometría y se han elaborado las líneas gráficas de los límites propuestos; no obstante, la DDG-MEM no ha completado todavía ninguno de los informes. Con relación a esta actividad se han escrito los siguientes documentos: Gíslason, 2009; Kristinsson y Ruiz, 2010a, 2010b, 2011a, 2011b, 2012; Kristinsson, 2011, 2012a, 2012, 2012c; Ármannsson y Óskarsson, 2012; y Óskarsson, 2012. La Tarea 5.3c

trata del ofrecimiento de servicios geoquímicos a la industria, y va encaminada. Se ha elaborado un folleto para dar a conocer los servicios que brinda el Laboratorio, y la acreditación necesaria también está en curso (véase descripción de la Tarea 5.1b, arriba).

La Actividad 5.4 cubre los métodos de validación para los análisis geoquímicos realizados en el LGG. La Tarea 5.4a está relacionada con la estandarización de métodos, procesos y equipo en el LGG, así como con la capacitación del personal. Por lo general, esta tarea ha avanzado según el plan. Para mayor información, véase la Tarea_5.1c.

La Actividad 6.1a se diseñó con vistas a la creación de capacidades en la utilización de bombas de calor, con el MEM y la UNAN-León trabajando juntos en para desarrollar usos agrícolas para esta tecnología. Esta actividad se abandonó por falta de financiamiento. El plan original era utilizar un financiamiento conjunto tomado del PFCG y de una solicitud hecha a la Alianza de Programa Regional en Energía y Medio Ambiente para Centroamérica. Sin embargo, como este financiamiento no se materializó, la parte que financiaría el PFCG se trasladó a la Actividad 7.



La Actividad 7 contemplaba asistencia al MEM y a la UNAN-León para que exploraran posibilidades para darle un uso más amplio a la energía geotérmica en Nicaragua. La Actividad 7.1 y la Tarea 7.1b (no aparece ninguna tarea numerada 7.1a) fue la de identificar el potencial industrial para áreas geotérmicas de baja entalpía durante los años 2010 y 2011. Esta actividad no se desarrolló como planificada en el PFCG por varias razones. Una de ellas fue el fallecimiento del líder del grupo en la UNAN-León, así como la limitada capacidad del grupo para realizar las actividades planificadas. En cambio, el personal de la UNAN-León participó en varias actividades de capacitación de la PFCG (véase Fridriksson, 2012b). El PFCG brindó apoyo a dos (2) miembros del personal de la UNAN-León para que estudiaran en la UNU-GTP en Islandia (2006 y 2010, respectivamente; véase el Anexo IV). Asimismo, el Proyecto asistió a conferencistas para que impartieran la mitad de un módulo sobre geotermia en un programa de maestría en energía renovable, en colaboración con la Universidad Técnica La Salle y la Universidad Nacional de El Salvador. La parte principal del apoyo al curso provino de la Agencia Española

para la Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID). El programa empezó en 2011 y se repitió en 2012, en ambos casos con una contribución del PFCG.

La Actividad 8.1 fue elaborada para proveer de asistencia técnica de corto y largo plazo a la Dirección General de Calidad Ambiental (DGCA) en MARENA y a la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) en el MEM, específicamente para revisar el alcance de los Términos de Referencia (TdR) para Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) en casos de proyectos geotérmicos. La Tarea 8.1c (no aparecen componentes marcados 8.1a ni 8.1b) describe el apoyo a brindar para la preparación de los TdR para los EIA en San Jacinto – Tizate, en los que se recibió retroalimentación de la Agencia Islandesa de Ordenamiento Territorial (NPA). La Tarea 8.1d incluyó la revisión y evaluación de las EIA en San Jacinto – Tizate, El Hoyo – Monte Galán y Managua – Chiltepe, así como el seguimiento y la auditoría ambiental de los documentos a ser entregados por GeoNica. Esta tarea se llevó a cabo sin asistencia de ICEIDA. La Tarea 8.1e trató del seguimiento y la auditoría ambiental de los documentos a ser entregados por GeoNica. También esta tarea se llevó a cabo sin asistencia del PFCG.

El objetivo de la Actividad 9.1 fue la de revisar la metodología de evaluación de las EIA en proyectos geotérmicos. La Tarea 9.1a fue la provisión de asistencia técnica en este tema para la UGA-MEM y la DGCA-MARENA. A finales de 2010 se decidió, luego de un lento inicio de las Actividades 8 y 9, que era mejor concentrarse en redactar TdR generales para las EIA de proyectos geotérmicos, con la facilitación de una consultora de El Salvador, Ana María González. Expertos de ISOR y de la NPA dieron retroalimentación como insumo a los borradores. Para mayores detalles sobre los avances en esta tarea, véase Fridriksson (2012b). El documento final se titula “Guía de procedimientos para desarrolladores geotérmicos en Nicaragua” (MARENA, Dirección General de Calidad Ambiental, 2011).

La Actividad 10.1 se enfocó en la identificación de áreas protegidas necesitadas de planes de gestión, seguido de asistencia para elaborar dichos planes. Se determinaron varias tareas: la Tarea 10.1a fue para identificar áreas protegidas con potencial geotérmico; la Tarea 10.1 b para establecer la factibilidad de desarrollar aquellas áreas con potencial geotérmico; la Tarea 10.1c para recopilar la información necesaria para preparar las líneas base para las áreas protegidas con potencial geotérmico; la Tarea 10.1d para ejecutar un programa de seguimiento de la línea base; la Tarea 10.1e para desarrollar la capacidad de proteger a los activos naturales en áreas protegidas con potencial geotérmico; y la Tarea 10.1f para asistencia a la elaboración de planes de gestión para los complejos volcánicos Momotombo – Momotombito, Managua – Chiltepe, Telica, Santa Clara y El Chonco. Para ser lo más breve posible, la ejecución de estas tareas resultó ser un poco esporádica y general, en vez de específica. Por lo tanto, se redefinió la actividad con respecto a la cooperación entre el MARENA y los expertos de la Agencia Islandesa del Medio Ambiente (antes Agencia de Alimentos y Medio Ambiente de Islandia), luego de un taller realizado en noviembre de 2009 (Jensson y Fridriksdóttir, 2009), en el que se brindaron pautas para una metodología y sistema que facilitara otorgar valores a los diferentes sitios. El MARENA asumió la responsabilidad de estudiar los valores de conservación para diez (10) áreas protegidas con potencial geotérmico, lo cual resultó en un documento sobre la fragmentación de bosques en áreas geotérmicas titulado “Estado de la Fragmentación de Bosques en Áreas Protegidas con Potencial Geotérmico”. Se trata de un estudio detallado y extensivo de las siguientes áreas: Volcán Masaya, Volcán Cosigüina, Managua – Chiltepe, San Cristóbal – Casita, Pilas – El Hoyo, Telica – Rota, Volcán Momotombo,

Península de Chiltepe, Volcán Mombacho y la Isla de Ometepe (Díaz et al., 2012). Se elaboró un Plan de Manejo para el Parque Nacional Volcán Masaya, parcialmente con base en el estudio de fragmentación de su bosque. Este Plan es muy detallado, e incluye objetivos para la protección, define zonas de protección según los valores de conservación en el área y brinda una descripción detallada de la flora y fauna existente, siempre con un enfoque participativo. Asimismo, el Plan de Manejo incluye a un programa de gestión del parque (Castañeda E., 2012).

La Actividad 11.1 abarcó reuniones con la DGCA-MARENA y la UGA-MEM sobre el tema de la legislación ambiental relacionada con los impactos ambientales causados por el desarrollo geotérmico, ya que es necesario revisar dichas leyes. Las tareas identificadas fueron: Tarea 11.a, reuniones sobre las leyes ambientales; Tarea 11.b, seminarios a nivel local; y Tarea 11.c, estudio de aspectos legislativos con referencia al medio ambiente en Centroamérica. ICEIDA apoyó la realización de cuatro (4) talleres para estas actividades (Casanova, 2010). Los participantes fueron personal de entidades públicas y privadas, incluyendo a autoridades ambientales locales y universidades.

La Actividad 12.1, tarea 12.1a estaba concebida como un espacio para la coordinación entre la DGCA-MARENA y las universidades con referencia a las EIAs, a realizarse con participantes de la UGA-MEM. El Comité de Coordinación (CC) decidió abandonar esta tarea en 2010, por falta de interés de las partes encargadas de llevarla a cabo.



La Actividad 13.1 se definió como “consultorías no planificadas”. Estas consultorías se introdujeron al presupuesto con el propósito de estar en posición para responder a cualquier actividad no planificada pero necesaria y urgente, ya sea para el MEM o para el MARENA. Bajo esta actividad, una de las tareas resultó ser el establecimiento de un Sistema de Gestión de Datos para el MEM y la capacitación de miembros del personal (Einarsson y Ketilsson, 2009; Einarsson, 2010; Ragnarsson, 2011 y 2012; Flores, 2012; Gunnarsdóttir, 2012a y 2012b; Gunnarsdóttir et al., 2012). Otra tarea que se decidió llevar a cabo fue la revisión por parte de ISOR para la DDG-MEM de un informe de exploración para el prospecto

geotérmico Casitas – San Cristóbal (Hersir, 2009). Los resultados se presentaron en un seminario (véase Fridriksson, 2012b).

Con referencia a otro tipo de asistencia técnica, la Actividad 14.4 tuvo como meta fortalecer la Oficina Nacional de Desarrollo Limpio (ONDL) en el MARENA. No obstante, no se llevó a cabo, puesto que otros donantes como el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD) y la Alianza para la Energía y el Ambiente (AEA) ya tenían varios proyectos sobre el mismo tema, de tal manera que su ejecución hubiera resultado en una duplicación de esfuerzos. En su lugar se realizaron los estudios de fragmentación de bosques en áreas protegidas, que fueron considerados más pertinentes al Proyecto (véase Actividad 10, arriba).

La Actividad 15.1 se propuso elaborar las normas técnicas para las EIA, en conjunto con la DGCA-MARENA y la UGA-MEM. En este contexto, la Tarea 15.1a trató de la preparación de Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON) para proyectos geotérmicos; bajo la Tarea 15.b se realizaron seminarios sobre los reglamentos técnicos; y por medio de la Tarea 15.c se publicaron dichos reglamentos. Las normas técnicas para las EIA fueron redactadas (véase la Actividad 4, ya que la Actividad 15 fue combinada con esta).

La Actividad 16.1, tarea 16.b (no aparece una actividad numerada 16.1a) trata de la elaboración de un manual y un afiche para las EIA. Esta tarea se cumplió, y se ha publicado una guía y un afiche (véase Actividad 9.1, Guía de procedimientos para desarrolladores geotérmicos en Nicaragua).

5.1.2 Componente 2 – Fortalecimiento de capacidades técnicas

LÍNEA BASE Y OBJETIVO

En el año 2007 no había una capacidad técnica adecuada entre los funcionarios públicos en el MEM, el MARENA y en las municipalidades (alcaldías, delegaciones territoriales) en lo referente a la gestión, el monitoreo y el desarrollo de los recursos de energía geotérmica. Tampoco existía mucho conocimiento y comprensión del impacto ambiental causado por la utilización de la energía geotérmica y las medidas de mitigación que se pueden tomar para minimizar dicho impacto.

El objetivo del Componente 2: Fortalecimiento de las Capacidades Técnicas fue el de fortalecer las capacidades que se necesitan en el sector público para supervisar, monitorear y darle seguimiento a los proyectos geotérmicos. Asimismo, es muy pertinente que en Nicaragua se aumenten los conocimientos acerca de cómo funcionan los sistemas geotérmicos con relación al volcanismo, la tectónica y las fuentes de calor y estructura. También es de suma importancia dominar todas las disciplinas científicas necesarias para todos los aspectos del desarrollo del recurso geotérmico y su monitoreo. La mejora del conocimiento se logra no solamente por medio de la capacitación y el aprendizaje a los diferentes niveles, sino también al aumentar los niveles de experiencia.

El objetivo general del Componente 2, sus resultados esperados, línea base, indicadores verificables y medios de verificación, así como los factores de riesgo, tanto internos como externos, se describen en el marco lógico del PFCG, específicamente en el anexo 1 de su Documento Final de Proyecto (DFP). Las actividades y tareas individuales que se requieren para lograr este objetivo, que está directamente relacionado a los medios de verificación para el componente 2, se detallan en el Anexo IV del PFCG-DFP.

El EEFE encontró que para cumplir con sus tareas en este Primer Informe Borrador era provechoso utilizar la descripción de actividades y tareas que se enumeran en el mencionado Anexo como indicadores verificables para establecer el grado de cumplimiento con los resultados esperados. Como tal, estos son útiles para poder brindar un cuadro sintético del estado de ejecución, el que se presenta a continuación.

ESTADO DE EJECUCIÓN

Durante el periodo de ejecución del Proyecto se realizaron una variedad de cursos de capacitación, seminarios, talleres, visitas de campo y otras actividades (véase Fridriksson, 2012b, para una descripción detallada). En total hubo 34 actividades, con entre 25 y 30 participantes en los seminarios, provenientes del MEM, del MARENA, de los municipios, la UNAN-León y de los concesionarios de los complejos geotérmicos en Momotombo, San Jacinto-Tizate y Casitas – San Cristóbal. Se llevaron a buen término todas las tareas que se postularon en el Anexo IV del Documento Final de Proyecto del PFCG, con excepción del curso sobre la modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos. La capacitación en promoción, publicación y diseminación de información sobre proyectos geotérmicos bajo los Mecanismos de Desarrollo Limpios (MDL) se redujo a un solo curso de capacitación, impartido por ICEIDA, debido a que la capacitación en este tema ya se había realizado en Costa Rica. En su lugar, dio inicio un proyecto de mapeo de la fragmentación de bosques en todas las áreas protegidas con campos geotérmicos con un potencial de alta entalpía, ya que se consideró que era más pertinente a las necesidades del GON (véase la actividad 10 en la sección 5-1.1, arriba). Finalmente, el MEM y el MARENA no se han registrado todavía como miembros de la International Geothermal Association (IGA) ni de la International Association for Impact Assessment (IAIA). Por otra parte, se impartieron varios cursos, según lo acordado por el Comité de Dirección (CD) del PFCG.

Durante el periodo del PFCG (2008-2012), el CD se reunió dos (2) veces al año, y en la segunda de éstas, se aprobaba el plan revisado para el siguiente año. Como parte de esta revisión del plan inicial, el CD añadió un número de cursos, como por ejemplo capacitación en base de datos (véase Gunnarsdóttir 2012a y 2012b). Asimismo, tuvo lugar un curso breve en geofísica básica para participantes no geofísicos (Hersir y Gunnarsson, 2011). Por último, Sigirdur G. Kristinsson en 2011 capacitó dos veces a geólogos/as del Departamento de Investigación Geotérmica (DIG-MEM) en trabajo de campo, (Kristinsson, 2011) y dos veces más en 2012 (Kristinsson y Ruiz, 2012).

El PFCG brindó la oportunidad a ocho (8) científicos para que participaran en el Programa de Capacitación Geotérmica de seis (6) meses duración que ofrece la Universidad de las Naciones Unidas (UNU-GTP) en Islandia (véase el Anexo IV). Además, hay en la actualidad un estudiante de maestría en la Universidad de Islandia, becado por la UNU-GTP. La idea inicial era que el PFCG apoyara a dos (2) estudiantes de maestría, pero el MEM decidió que sería difícil prescindir de su personal por tanto tiempo, así que el financiamiento asignado se utilizó en otras actividades. Mario González, director de la Dirección de Geotermia (DDG-MEM) visitó Islandia en octubre de 2010. El objetivo de la visita fue la de observar de cerca el estado de desarrollo geotérmico en Islandia y conocer el marco regulatorio ambiental (Fridriksson et al., 2010).

Como ya se mencionó, el MEM y el MARENA no se han registrados como miembros de la IGA ni de la IAIA, esto debido a dificultades de procedimiento y problemas técnicos, ya que el PFCG no estaba en posición para pagar la cantidad total de las cuotas de membresía anual para ambos ministerios. Es necesario que paguen directamente, lo cual en la práctica significa que deben utilizar tarjetas de crédito personales, o buscar alguna otra forma de pagar.

Las tareas que había que cumplir con el fin de satisfacer el objetivo de fortalecer la infraestructura tanto en el MEM como en el MARENA, y que son necesarias para el desarrollo y uso de los recursos geotérmicos se presentan en el Anexo V del PFCG-DFP. La inspección realizada por el EFFE indica que todas las tareas se cumplieron.

5.1.3 Componente 3 – Laboratorio de Geoquímica y Geotermia

LÍNEA BASE Y OBJETIVO DEL COMPONENTE 3

Con el fin de asumir el compromiso de realizar trabajo investigativo y otras actividades relacionadas con el desarrollo de recursos geotérmicos en Nicaragua, se determinó que había una evidente necesidad de crear la infraestructura del caso y de tener disponible un personal en la DDG-MEM capacitado para realizar los análisis químicos del agua natural. Las actividades que se llevaron a cabo para que esto llegara a ser una realidad se detallan bajo el Componente 3 del Anexo V del Documento Final de Proyecto del PFCG.

El objetivo del Componente 3, “Infraestructura y Equipo”, fue el de establecer un Laboratorio de Geoquímica y Geotermia (LGG) en el MEM, con su infraestructura, equipo y personal. Los productos originales esperados eran los de equipar y fortalecer el Departamento de Investigación Geotérmica (DIG) del MEM, así como de satisfacer la demanda por análisis de aguas naturales, incluyendo la interpretación de los datos analíticos que se necesitan para la exploración de la superficie, las pruebas de pozo y los estudios de monitoreo en áreas geotérmicas.

Inicialmente, se había planeado que el LGG formara parte del Departamento de Investigación Geotérmica, pero en 2011 el MEM decidió operar el LGG como una entidad separada bajo la Dirección General de Recursos Energéticos Renovables. Al retirar el Laboratorio de la DDG, este se volvió independiente y por lo tanto ahora está en posición de realizar los análisis que requieren las empresas y las instituciones en Nicaragua sin incurrir el riesgo de que haya algún tipo de conflicto de intereses. Para poder brindar estos servicios químico-analíticos son necesarios certificados de calidad, ya que por ejemplo los bancos de inversiones con los que trabajan los portadores de concesiones en Nicaragua exigen que estos últimos trabajen con laboratorios certificados.

El objetivo general del Componente 3, sus resultados esperados, línea base, indicadores verificables y medios de verificación, así como los factores de riesgo, tanto internos como externos, se describen en el marco lógico del PFCG, específicamente en el Anexo I de su Documento Final de Proyecto. Las actividades y tareas individuales que se requieren para lograr este objetivo, que está directamente relacionado a los medios de verificación para el componente 3, se detallan en el Anexo V del documento mencionado. El Equipo de EFE encontró que para cumplir con sus tareas en este Primer Informe Borrador era provechoso utilizar las actividades y tareas descritas en el Anexo V, con el fin de brindar un

cuadro sintético del estado de implementación para las tareas individuales. Este cuadro se presenta a continuación.

ESTADO DE EJECUCIÓN

La Actividad 1.1, tarea 1.1a fue la de fortalecer la infraestructura de un laboratorio en el MEM y acondicionar el edificio que lo albergaría. Se decidió no apoyar la renovación del antiguo laboratorio geoquímico de ENEL en Managua, para así evitar atrasos en el marco temporal del Proyecto, y más bien establecer un nuevo laboratorio para el MEM. El Laboratorio de Geoquímica y Geotermia se construyó en otro predio, que fue facilitado por el GON y el edificio existente en él fue renovado para satisfacer las necesidades del nuevo laboratorio. Este proceso concluyó en 2009, aunque el uso de las instalaciones analíticas nuevas ya había empezado en mayo de 2008, aún antes de que llegara todo el equipo y se terminara de reacondicionar el edificio.

Actividad 2.1, laboratorio y capacitación: El nuevo Laboratorio de Geoquímica y Geotermia (LGG) ya se encuentra en plena operación, en las instalaciones de la DDG-MEM. Actualmente, el equipo del laboratorio cuenta con seis (6) personas (véase la Tabla 5.1, más abajo). De este personal, dos (2) han cursado el Programa de Capacitación Geotérmica en la Universidad de las Naciones Unidas (UNU-GTP), en Islandia.

Tabla 5.1 Personal del Laboratorio de Geoquímica y Geotermia del MEM

NOMBRE	POSICIÓN	INICIO DE LABORES	ANTECEDENTE ACADÉMICO
José Francisco Ruiz Cordero	Analista	02.01.2007	Ing. químico
Ernesto Ramón Martínez Loáisiga	Jefe de Laboratorio	08.05.2008	Biólogo
Azucena del Carmen Espinales Martínez	Analista	05.08.2008	Ing. química
Claudia Reyes Linares	Analista	01.10.2008	Ing. química
Isaura Porras Cruz	Analista	01.09.2009	Química
Marcos Delgado Siria	Analista	50.07.2010	Químico

INSTRUMENTACIÓN

Actualmente el LGG está equipado con los siguientes importantes instrumentos analíticos, seleccionados con base en las actividades definidas en el PFCG-DFP:

1. Tarea 2.1a: Espectrómetro de absorción atómica con horno tanto de llama como de tubo de grafito para la excitación de muestras, así como un inyector automático de muestras. Puede determinar hasta tres muestras de manera simultánea. Este instrumento analiza sodio, potasio, calcio y magnesio, además de hasta doce (12) elementos trazadores al utilizar el horno de tubo de grafito.

2. Tarea 2.1b: Un espectrómetro UV-VIS que analiza sílice, boro y muchos otros elementos presentes en cantidades ínfimas en las aguas naturales.
3. Tarea 2.1c: Un cromatógrafo de gases con tres (3) columnas de separación y tres (3) detectores que permiten un análisis simultáneo de los siguientes gases: dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, hidrógeno, metano, nitrógeno, argón y monóxido de carbono. Esto cumple con las necesidades de toda exploración geotérmica y los estudios de monitoreo.
4. Tarea 2.1d: Un cromatógrafo de iones equipado con una columna de separación de aniones. Este instrumento puede determinar la presencia de sulfato, cloruro y fluoruro con un alto grado de precisión, junto con nitrato y algunos otros iones, si están presentes en concentraciones suficientemente altas en las muestras.

Además de estos instrumentos, el laboratorio está equipado con un titulador automático, un pH-metro, dos hornos para el secado de cristalería y otros, y finalmente una cantidad de los aparatos que necesita cualquier laboratorio dedicado al análisis de fluidos acuosos, así como columnas de intercambio de iones para la producción del agua desionizada que se ocupa en los análisis químicos. También hay un cuarto de almacenaje para los productos químicos. Los químicos peligrosos utilizados se reúnen en contenedores especiales para su correcta eliminación (Tareas 2.1f-l).

En el PFCG-DFP se planeaba la adquisición de un fluorímetro (Tarea 2.1d), el cual es útil para la determinación de aluminio, boro y algunos otros elementos en bajas concentraciones. No obstante, esto no se hizo por falta de fondos. Se considera que de todas formas el LGG puede operar satisfactoriamente sin este instrumento. El aluminio se puede analizar a un bajo nivel de concentración por el espectrómetro de absorción atómica al utilizar el horno de tubo de grafito y boro.

La Actividad 3.1, equipo y muebles, Tareas 3.1a-f fue la de dotar al MEM con el siguiente equipo: 1 vehículo, 6 ordenadores y sus accesorios, muebles de oficina para 6 miembros del personal, un proyector, 1 escaneador y una cámara digital. Todo esto se cumplió, y se añadió otro vehículo, además de un equipo de GPS.

Se espera y en efecto es la intención del MEM expandir el papel del LGG al ofrecer el servicio de análisis geoquímicos con criterio comercial. Sandino (2011) ha escrito un informe detallado, claro y bien organizado que trata del plan de negocios para el LGG. El hecho es que el laboratorio ya ha empezado a realizar análisis químicos con criterio comercial. No obstante, los portadores de concesiones de los dos campos geotérmicos que se están explotando actualmente no se muestran dispuestos a enviar muestras de fluidos al LGG hasta que el laboratorio esté certificado y acreditado por la Oficina Nacional de Acreditación.

Durante este último año, el LGG analizó entre 200 y 300 muestras, tanto de investigaciones geotérmicas como para la valoración de la calidad del agua. Los ingresos del 2012 por los servicios de análisis químicos vendidos fueron de US\$ 15,700. El director del laboratorio calcula que durante el mismo año el valor económico de los servicios brindados por el LGG del MEM para sus proyectos geotérmicos fue de USD 69,000. Esta suma se calculó con base en los costos si el MEM hubiera tenido que contratar un laboratorio externo para realizar los trabajos analíticos que necesitaba.

El LGG está empeñado en obtener un certificado de calidad (norma ISO 17025). Para tal fin irá logrando por etapas la certificación de sus principales análisis. Su personal ha dedicado un considerable tiempo al logro de esta meta. El primer paso para obtener el certificado de calidad ocurrió en noviembre de 2012. Un certificado de calidad abre la puerta a la posibilidad de ofrecer análisis químicos con criterio comercial. El MEM planifica hacerlo con el fin de aumentar los ingresos del LGG. Hay solamente otro laboratorio geoquímico en América Central, LaGeo en El Salvador, que ofrece servicios comerciales para el análisis de gases. No obstante, es difícil enviar las muestras de gas al extranjero, ya que algunos componentes se pueden ver afectados por el almacenamiento de la muestra, lo cual cambiaría la composición inicial de la misma. Tampoco se pueden abrir en aduanas, ya que en definitiva esto cambiará la composición de la muestra. Tanto el ICE en Costa Rica como LaGeo en El Salvador operan laboratorios geoquímicos comerciales para el análisis de aguas geotérmicas, y ambos tienen certificados de calidad.

Las tareas identificadas en el Documento Final de Proyecto (véase Anexo 5) para lograr el objetivo de establecer un laboratorio químico bien equipado para los análisis de gases geotérmicos y aguas naturales se ha cumplido, según la inspección efectuada por el EEFE. El LGG ya está funcionando y lleva a cabo los análisis para todos los principales gases existentes en las muestras de vapor geotérmico, así como los principales componentes del agua. Por otro lado, parece haber poca capacidad para interpretar el análisis de los fluidos geotermales. No hay un geoquímico entre el personal del LGG. Se necesita de una persona con antecedentes en geología y geoquímica para que realice el trabajo de interpretar los datos. Tal persona debe también ser especializada en la química de los fluidos geotermales.

5.1.4 Administración y evaluación

Las principales actividades bajo “Administración y Evaluación” se describen en el Anexo VI del PFCG-DFP. Las actividades relacionadas con este tema también se describen en los capítulos V a XI del mismo documento. Véase la sección 3.3, Organización y gestión del PFCG.

ESTADO DE EJECUCIÓN

Actividad 1, Plan de Operación Anual (POA): Se estableció que para cada año se debía de preparar un POA, con fechas tope, personas e instituciones responsables de llevar a cabo el trabajo propuesto para cada actividad y las tareas por realizar. Cada seis meses era necesario revisar los avances logrados. En efecto, se elaboraron los Informes de Avance Anuales para todos los años, con informes trimestrales y/o semestrales (véase el capítulo 9, Bibliografía e informes).

Actividad 2, evaluaciones externas, tarea 1. Se programó una evaluación de mitad de periodo para el segundo trimestre de 2009. Esta evaluación valoró los avances logrados e identificó dificultades acaecidas durante la ejecución del PFCG, con el propósito de actualizar el plan de Proyecto (Rodríguez, 2009). Después de la evaluación de mitad de periodo, el CD decidió modificar el PFCG para mejorar la eficiencia de su ejecución, así como la efectividad general del Proyecto, y se añadió una representante de MARENA al CD y al CC. Los principales problemas encontrados estaban relacionados con el trabajo de la DGCA en MARENA en cuanto a las EIA, en parte debido a barreras lingüísticas y a que MARENA tenía también otras prioridades. Ana María González, una consultora salvadoreña, fue contratada por ISOR,

con la anuencia del PFCG, para fungir como coordinadora de las actividades del MARENA por parte de ISOR, y MARENA pasó a priorizar más al PFCG. Tarea 2: una evaluación final externa, a ser realizada al concluir el Proyecto. De esto trata la presente Evaluación Final Externa del PFCG.

5.2 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL PFCG POR LOS SOCIOS Y PARTES INTERESADAS

A continuación se presenta un resumen de la evaluación que hacen los socios, las principales partes interesadas y los/las consultores en lo concerniente al desempeño del PFCG, con base en los temas y preguntas que se enumeran en la sección 4.1, arriba. También se reseñan las recomendaciones vertidas por los entrevistados.

1. ¿En qué medida ha contribuido el PFCG para que el GON pudiera fortalecer el desarrollo de los recursos geotérmicos en Nicaragua?

La opinión generalizada entre los entrevistados es que el PFCG ha sido muy importante y marcó la diferencia para el fortalecimiento y la mejora de las capacidades en desarrollo geotérmico en los ministerios, las alcaldías y las universidades participantes, aumentando así la capacidad institucional para gestionar los recursos geotérmicos. Los entrevistados se declararon muy satisfechos con el Proyecto como un todo, y expresaron la opinión que fue de alta calidad, que se había creado un verdadero acervo de conocimiento, y que esto mejoraba las posibilidades de hacer buen uso de los recursos geotérmicos en Nicaragua.

2. ¿Hasta qué punto el PFCG ha mejorado la capacidad institucional, científica y técnica para desarrollar y utilizar los recursos geotérmicos de manera sostenible?

Cuando dio inicio el PFCG, la mayoría de los funcionarios públicos en el GON tenían un conocimiento muy limitado del tema de recursos geotérmicos, su desarrollo y el impacto ambiental causado por su uso. Como consecuencia, se sabía poco acerca de cómo otorgar permisos y ejecutar las EIA en áreas geotermiales. Los representantes del MEM, del MARENA y del MINREX todos hicieron hincapié en la importancia del Proyecto para fortalecer la capacidad gubernamental para valorar los datos que proveen los concesionarios, y de participar en el desarrollo de nuevas áreas geotérmicas para la producción de energía. El objetivo del PFCG fue ser extensivo, y en este sentido hizo un llamado para que se realizaran importantes cambios en los ministerios, a veces empezando casi de cero. Esta capacidad básica ahora está en lugar, y existe la firme intención de usar este fundamento para construir el futuro de la geotermia en el país. Se expresó también que el Proyecto había conllevado a una mejora en los métodos de trabajo tanto dentro como entre las direcciones en el MEM y el MARENA, lo cual resultó en una mayor cooperación entre estos dos ministerios. También el trabajo con la UNAN-León durante el PFCG sirvió para aumentar y consolidar una base de conocimiento que será de gran utilidad en un futuro muy cercano.

Otras preguntas relevantes son como sigue:

3. ¿Actualmente hay suficiente conocimiento en Nicaragua para que el país esté plenamente calificado para realizar investigaciones científicas en temas relacionados con los recursos geotérmicos?

Aunque hubo un significativo y rápido avance durante el periodo del PFCG, a menudo se expresó la opinión que falta todavía más experiencia, en particular con respecto a la interpretación de los datos. Esto se traduciría en una continuación del apoyo de ICEIDA, si bien a una escala más reducida.

4. ¿Cómo visualiza el GON la continuación del trabajo que se empezó a través del PFCG?

Es aparente al hablar con los entrevistados que el GON tiene toda la intención de continuar trabajando en el desarrollo geotérmico de Nicaragua, con base en la experiencia acumulada por medio del PFCG. Consideran que están listos para tomar el siguiente paso, que es seguir fortaleciendo el conocimiento entre los órganos gubernamentales. Los entrevistados notaron que siempre es importante fortalecer el conocimiento, para poder avanzar a una etapa menos dependiente del apoyo externo. Algunos cuestionaron los plazos establecidos e incluso la capacidad que existe actualmente en el GON para continuar fortaleciendo los conocimientos, una vez que se retire ICEIDA, ya que es posible que resulte en una priorización automática de tareas rutinarias.

5. ¿Ha habido una mejora en los niveles de conocimiento que probablemente perdurará en el tiempo (sostenibilidad de la capacitación)?

Aunque el conocimiento adquirido por el personal del MEM y del MARENA ha sido substancialmente fortalecido durante el periodo del PFCG, muchos de los entrevistados mencionaron que todavía hace falta experiencia práctica entre el grupo, y que se necesita seguir el aprendizaje en algunas áreas. Entre éstas se destacaron como importantes una mejor comprensión de la industria geotérmica y de cada uno de los pasos que ocurren en las áreas geotermales durante las etapas de exploración y explotación, así como el impacto ambiental que tiene el desarrollo de la geotermia. Asimismo, se subrayó que sería de mucha ayuda conseguir algún tipo de orientación personalizada y tutoría en los años venideros en lo concerniente a las tareas clave relacionadas con el desarrollo geotérmico para el personal en los entes gubernamentales, con el fin de sostener y aprovechar el conocimiento adquirido.

6. ¿Hay una comprensión generalizada del impacto del PFCG?

Sí, en efecto, los entrevistados entienden muy bien que el impacto del PFCG fue muy favorable.

7. ¿Qué relevancia tuvo la parte educativa, incluyendo los cursos, los temas abordados y el material distribuido?

Por lo general, los entrevistados se mostraron muy satisfechos con los cursos impartidos, así como con toda la capacitación recibida. No obstante, para algunos, su conocimiento insuficiente del idioma inglés fue un obstáculo y tuvo algún impacto negativo. Además, no todos los intérpretes dominaban el vocabulario técnico en los temas de geotermia y medio ambiente. En lo referente a la EIA, algunos participantes consideraron que el material presentado del curso

fue de índole general, en vez de ser más específicamente enfocado en la energía geotérmica. Esto fue así debido a que en el plan original para los cursos pertinentes se supuso que los cursos empezarán con una metodología general para las EIA, seguido de material específico referente a la energía geotérmica.

8. ¿Cuál fue la calidad de la asistencia técnica, el enfoque utilizado por los expertos y las recomendaciones vertidas con referencia al desarrollo de los recursos geotérmicos?

Por lo general, la opinión de los entrevistados fue que la asistencia técnica brindada fue muy buena. Se considera que el nivel de conocimiento de los expertos en el tema de desarrollo geotérmico es muy alto, y que ofrecieron buenas ideas que resultaron ser muy útiles para los funcionarios del gobierno, las alcaldías y las universidades participantes, así como para los concesionarios. También los especialistas salvadoreños fueron considerados como de mucha ayuda, y que hicieron posible concluir algunas tareas que sin su colaboración hubieran quedado inconclusas por falta de recursos.

9. ¿Qué piensa de la infraestructura, las instalaciones, la instrumentación, el equipo y los materiales que se proveyeron?

Las tareas mencionadas en la pregunta incluyen el acondicionamiento del Laboratorio de Geoquímica y Geotermia (LGG) del MEM, el equipo analítico y petrológico, así como las instalaciones en las oficinas, los ordenadores, el software para GIS y la gestión de datos para la DIG-MEM. El Laboratorio ya está en operaciones (véase el capítulo 5, arriba). Se hizo notar que toma más de 2 a 4 años para establecer un equipo con personal experimentado. La infraestructura básica y la fuerza de trabajo existe, pero hay una necesidad de seguir con el apoyo técnico, en particular para fortalecer el conocimiento para la interpretación de los datos químicos. Puesto que el LGG se montó partiendo de cero, su personal tuvo una excelente oportunidad de hacer uso del equipo y de aprender a utilizar todos los instrumentos y recoger y analizar las muestras de fluidos geotérmicos, pero fue insuficiente la capacitación recibida en lo concerniente a la interpretación de los datos. Por otra parte, hubo capacitación básica en SIG y el establecimiento del banco de datos para almacenar los datos geotérmicos (12 áreas de alta entalpía y 11 de baja entalpía).

Hubo opiniones algo divergentes entre los entrevistados con relación al LGG, su situación financiera y su grado de independencia. Algunos cuestionaban la necesidad misma de tener este LGG, considerando que ya existen en Nicaragua algunos otros laboratorios que pueden hacer casi todos los análisis que hace el laboratorio del MEM. También se mencionó que puede haber sido un error establecer el laboratorio sin antes realizar un estudio de mercado. Hay aquellos que dudan de su sostenibilidad, ya que puede ser difícil para el GON mantenerlo funcionando, por los costos que implica. Pero otras personas notaron que la clave para un éxito duradero del LGG sería recibir la acreditación y luego tener una buena estrategia de mercadeo, con el fin de asegurar que tenga suficiente trabajo para mantenerlo en funcionamiento, a pesar de la competencia en el mercado.

También se habló de la ubicación del LGG en el organigrama del MEM, y el esfuerzo por asegurar su independencia y así aumentar la posibilidad de que pueda vender análisis con criterio comercial. Pero hubo quien considera que al separar el LGG del grupo de geotermia del MEM, se aflojará la conexión entre los miembros del equipo geotérmico, lo cual contradice la meta original al establecer el laboratorio, principalmente la realización de investigaciones sobre nuevas áreas de baja y alta entalpía, y el monitoreo de estudios para los concesionarios.

10. ¿Qué piensa del apoyo institucional recibido, el papel jugado por las direcciones/departamentos/unidades individuales, y la descripción de los puestos?

La retroalimentación que obtuve el EEFE en este tema fue muy limitado.

11. ¿Cuáles fueron los papeles, las responsabilidades y la capacidad de los ministerios con relación a los procesos de toma de decisiones durante el proceso de desarrollar recursos geotérmicos?

En lo concerniente al proceso de concesión de licencias, incluyendo el proceso de EIA, hubo puntos de vista divergentes. Algunos consideran que el proceso es transparente y los plazos son aceptables, similares a lo que se experimenta en otros países. Pero también se expresó la opinión que los plazos son poco claros y que los atrasos con relación a la retroalimentación del GON a los concesionarios causó dificultades, dejando un tiempo muy limitado para la realización de estudios durante el periodo de las concesiones. Se sugirió establecer plazos fijos.

Se encontró que los estudios de EIA eran demasiado detallados. Los entrevistados señalaron que es esencial que los funcionarios del GON tengan un conocimiento y comprensión profunda de cómo funcionan los campos geotérmicos, su reacción a las cargas de producción y las incertidumbres en lo referente a su potencial estimado. Esto es crucial para que el desarrollo del recurso sea exitoso y sostenible. Otro tema importante en este respecto sería una muy buena relación de confianza y discusión abierta acerca del desarrollo de los reservorios entre los concesionarios y los funcionarios del gobierno, algo que no ocurre en la actualidad. Se señaló que sería positiva una mayor flexibilidad en los permisos de concesión para lograr un desarrollo efectivo de las áreas geotérmicas.

Todos coincidieron en que han visto una significativa mejora con relación a los niveles de conocimiento y comprensión del desarrollo geotérmico desde que inició la cooperación entre el GON e ICEIDA. Ha sido muy alentador que se sostuvieron reuniones abiertas y diálogos entre los concesionarios y el gobierno en estos últimos años, y se considera muy importante el ofrecimiento de una plataforma para realizar pláticas. Los concesionarios se expresaron favorablemente acerca de su colaboración con los expertos de ISOR. Pero por otra parte también sienten que el periodo de cinco (5) años para el fortalecimiento de capacidades no es suficiente para crear una experiencia sostenible entre los funcionarios del gobierno, en particular si se toma en cuenta la diversidad de sistemas geotérmicos a nivel mundial y presumiblemente también en Nicaragua. Todavía se necesita de más tiempo, y quizá un plazo de unos diez (10) años sería más realista para poder establecer un nivel de capacidad duradero.

Con referencia a los papeles que ejercen los entes gubernamentales, se señaló que podría haber un conflicto de interés entre ellos, en el sentido de que es el mismo órgano, la DDG-MEM, que otorga las concesiones y luego monitorea su cumplimiento, lo cual es un jugar un doble papel. También se hizo notar que una mejor cooperación, coordinación y el compartir de conocimiento entre el MEM, el MARENA y los otros ministerios que puedan tener alguna relación con temas de geotermia serían muy útiles para el desarrollo éxitos en este campo. La celebración de foros de manera regular sería de gran ayuda en este sentido.

Asimismo, se consideró que sería de beneficio para las organizaciones gubernamentales, los desarrolladores y los científicos en las universidades que trabajaran juntos y compartieran conocimientos mutuos. Como ya se mencionó, foros regulares para hablar de los diferentes temas serían de mucha ayuda, al igual que una continuación de cursos sobre los diferentes aspectos de la geotermia.

12. ¿Cómo definiría Ud. el diseño del PFCG, incluyendo su gestión y eficiencia?

Los entrevistados señalaron que el PFCG estuvo claro y bien diseñado desde el inicio, con hitos bien definidos, como se evidencia en el Documento Final del PFCG. No obstante, hizo falta una visión de conjunto entre la DGG-MEM, UGA-MEM y el MARENA durante la definición del proyecto, lo cual tuvo como consecuencia un lento comienzo por parte del MARENA. Esto se dio, al menos en parte, debido a una falta de cooperación entre direcciones / departamentos durante la definición original del PFCG, malentendidos causados por la barrera lingüística y menos conocimientos sobre geotermia en el MARENA que en el MEM así como por los cambios en el personal técnico de MARENA después de que ya se había elaborado el Documento de Proyecto e iniciado las labores. MARENA se unió de pleno al PFCG cuando se estableció el acuerdo mutuo entre MARENA, el MEM e ICEIDA acerca de los objetivos del trabajo por realizar.

También se mencionó que la matriz del marco lógico había sido demasiado detallada para un proyecto de cinco años duración, y se sugirió que al inicio del Proyecto hubiera sido suficiente con que fuera más general. Esta dificultad fue superada por el Comité de Dirección, que adaptó las tareas sobre la marcha, a medida que quedaba evidente que necesitaban cambios y mejoras. Los entrevistados son de opinión que fue precisamente esta flexibilidad que jugó un papel importante en el éxito del PFCG.

Se indicó que la gestión general del Proyecto podría haber sido más eficiente, con más participación del personal clave tanto en el MEM como en el MARENA, y una mejor y más regular comunicación entre el grupo. Incluso se mencionó como ejemplo el aviso a corto plazo que dieron y la falta de información sobre el objetivo de la visita del EFFE.

El cierre de la Embajada de Islandia en 2009 fue mencionado como algo que mermó la gestión del Proyecto, puesto que disminuyó la participación directa del jefe de ICEIDA y con eso el interés visible de la Agencia por el PFCG.

En algunos casos, la definición de lo que se esperaba poder lograr en una tarea particular también podría haber sido mejor, lo cual hubiera asegurado que las tareas compaginaran con las necesidades. La definición del curso sobre EIA se mencionó como ejemplo, ya que hubiera sido

más eficiente ajustar la capacitación desde un inicio hacia la evaluación del impacto ambiental de áreas geotérmicas, específicamente, puesto que ya existía un buen conocimiento de EIA en términos generales. También se señaló que el curso sobre EIA tuvo lugar durante un momento en el PFCG cuando el MEM y el MARENA estaban todavía organizando su cooperación.

La barrera lingüística se mencionó como obstáculo en algunos casos, dado que hay personal tanto en el MEM como en el MARENA que no están familiarizados con el idioma inglés. Hubo dificultades durante algunos de los cursos y seminarios sobre energía geotérmica, porque algunos de los intérpretes no dominaban bien el vocabulario técnico. Esto se compensó al contratar a expertos de habla hispana para algunas de las tareas. Esta solución fue mencionada como un ejemplo de la buena colaboración entre ICEIDA y el GON. El personal del MEM o del MARENA tuvo la oportunidad de tomar clases de inglés, con buenos resultados, y ahora están claros de la importancia de saber este idioma y poder leer la literatura sobre recursos geotérmicos y comunicarse con sus pares en el extranjero.

Algunos de los entrevistados indicaron que el PFCG ha añadido nuevas tareas a una carga de trabajo ya de por sí considerable. Esto se resolvió parcialmente al contratar a consultores para tareas específicas. Los que laboran en el gobierno notaron que estos últimos años han sido un reto, al tener que adquirir conocimientos en un tema nuevo para ellos (geotermia) y aprender otro idioma (inglés) al mismo tiempo. Pero disfrutaron el desafío, aprecian los nuevos conocimientos y están ansiosos por seguir por este camino.

13. ¿Cuáles fueron los principales aprendizajes y qué visión tienen mirando hacia el futuro?

Al concluir el PFCG existe alguna incertidumbre en lo concerniente a la continuación del fortalecimiento de capacidades. Por lo general hay consenso que Nicaragua ha adquirido un buen conocimiento básico, pero que un plazo de entre tres (3) y cinco (5) años es demasiado corto. Es más realista pensar en un tiempo de unos ocho (8) a diez (10) años para obtener el nivel de conocimiento sostenible que se requiere para lograr el desarrollo geotérmico. Algunos manifestaron el temor de que el grupo dentro del GON no sea capaz de mantenerse por encima de la curva de aprendizaje cuando termine el apoyo de ICEIDA, debido a su gran carga de trabajo. Se considera que en un futuro cercano será necesario algún trabajo de seguimiento.

También se señaló que es un reto establecer y preservar el conocimiento en el campo de la geotermia, debido a que es un tema tan especializado. En este sentido sería vital que los entes del Estado, los concesionarios y los científicos en las universidades trabajaran juntos para aprender los unos de los otros y compartir sus conocimientos y experiencia. Asimismo, también sería muy importante que hubiera más cooperación dentro de los ministerios y entre ellos.

La generación de electricidad sigue siendo un problema en Nicaragua, y la energía geotérmica es un importante elemento para aumentar la producción. El país tiene por delante algunos retos en términos de establecer cuáles serán las políticas para el futuro desarrollo de energía geotérmica. Se considera que se necesita de una visión de largo plazo y que es de vital importancia que el GON entienda que existe incertidumbre referente al grado hasta el cual son renovables los sistemas geotérmicos. Un enfoque conservador, pero seguro, es concebir a los

sistemas geotérmicos como minas de calor. La extracción sostenible, bajo la supervisión de funcionarios del gobierno es crucial para el bien de Nicaragua. Será esencial tener una buena visión panorámica de los recursos geotermales existentes en el país, y eso se logra al tener a mano en el GON personas especializadas en la materia que tengan un sólido conocimiento de los recursos geotérmicos y su naturaleza.

Muchos de los entrevistados mencionaron que una continuada colaboración y apoyo de ICEIDA sería un importante elemento para garantizar un cambio duradero, con la subsiguiente consolidación y el fortalecimiento del conocimiento sobre el desarrollo geotérmico. También manifestaron que sería importante seguir trabajando con el mismo grupo, dado que este conoce bien la situación en el país y tiene buenos niveles de conocimiento y experiencia.

Se manifestó explícitamente el deseo de que siga la colaboración entre el GON e ICEIDA. En este contexto, se considera vital el envío de más funcionarios públicos del GON a la Universidad de las Naciones Unidas (UNU-GTP) en Islandia, así como el apoyo para tutorías. Asimismo, sería de gran valor obtener asistencia para continuar con los importantes estudios de superficie en las áreas de alta entalpía antes de empezar futuros procesos de licitación.

14. ¿Qué opinión tiene de la cooperación entre el GON e ICEIDA?

Los entrevistados, incluyendo representantes del GON, ICEIDA y de los concesionarios, coincidieron en que la cooperación ha sido excelente durante todo el transcurso del Proyecto.

15. Comentarios sobre proyectos específicos

Estudio de Fragmentación de Bosques: Los entrevistados son de opinión que uno de los principales logros del PFCG fue el estudio sobre la fragmentación de bosques en once (11) áreas protegidas con un potencial geotérmico de alta temperatura. El estudio fue iniciado y contó con el apoyo del PFCG. Se trata de un trabajo muy impresionante de parte de funcionarios del GON, y podrá ser utilizado para mejorar la comprensión y la cooperación durante el desarrollo geotérmico en estas áreas, y servir como base para las EIA. El Plan de Manejo para el Parque Nacional Volcán Masaya es un excelente y temprano ejemplo de cómo se puede utilizar el Estudio de Fragmentación de Bosques.

Plan Maestro Geotérmico del 2001: Se ha señalado que una de las tareas más importantes que se tiene por delante es la actualización del Plan Maestro de Geotermia de 2001. Los entrevistados consideran que el Plan actual puede ser demasiado optimista. Los resultados conseguidos a la fecha en las áreas geotérmicas en que se han realizado exploraciones indican que la capacidad geotérmica estimada en el Plan Maestro es demasiado alta. Se hizo la sugerencia que el GON debería llevar a cabo una exploración más extensiva, con combinación de estudios geofísicos, geológicos y geoquímicos, antes de empezar los procesos de licitación, con el fin de aumentar las probabilidades de éxito.

Estudio de áreas de baja entalpía: Los entrevistados enfatizaron la importancia de seguir con las exploraciones superficiales en estas áreas, con el fin de mejorar la comprensión de la posible importancia de este recurso por parte del GON. La UNAN-León ha mostrado un gran interés en

continuar este trabajo, y ya empezó algunos estudios, con usos agrícolas en mente. Asimismo, el GON ha estado en comunicación con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), buscando apoyo para el estudio del uso directo del calor geotérmico para fines agrícolas.

Las normas: Las normas son consideradas una importante pauta para el desarrollo sostenible en las áreas geotérmicas, tanto por los socios como por las partes interesadas. No obstante, se expresó la preocupación acerca de la valoración de las normas, ya que algunos consideran que son demasiado específicas en este momento en el tiempo para ser realistas, con demasiados detalles y sin la necesaria flexibilidad. Se subrayó que las partes deberían buscar un consenso.

5.3 PERTINENCIA, EFICIENCIA, IMPACTO, EFECTIVIDAD Y SOSTENIBILIDAD DE LOS RESULTADOS

5.3.1 Pertinencia

Los beneficios sociales de desarrollar los recursos energéticos de Nicaragua, incluyendo la geotermia, son generales en vez de específicos. Al tener acceso a la electricidad, lo cual constituye una importante necesidad básica en la sociedad moderna, tiene muchas ventajas. Aumenta el nivel de vida de las personas, contribuye a la estabilidad social al reducirse la pobreza, y conlleva a una disminución de la tensión social causada por una deficiente entrega del servicio eléctrico. Asimismo, estimula el funcionamiento de toda clase de negocios y pequeñas industrias, al tiempo que aumenta la seguridad ciudadana. De último, pero no por eso menos importante, la electrificación en áreas rurales puede tener un efecto revolucionario sobre el nivel de vida, al posibilitar el uso de maquinaria y el acopio de las cosechas. Esto se podría potenciar todavía más por medio del uso de recursos geotermiales de baja entalpía, al menos en algunas áreas.

Los objetivos del Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia (PFCG) son considerados altamente pertinentes para el GON, dado que ya se ha comprobado que el producto del Proyecto es de utilidad para asistir a Nicaragua en sus esfuerzos por desarrollar sus recursos de energía geotérmica para la producción de electricidad, lo cual está en línea con la política energética del GON según se refleja en el Plan Maestro de Energía. Aproximadamente dos tercios de los ingresos que obtiene Nicaragua por exportaciones las debe gastar en la importación de combustibles fósiles. Aun una disminución modesta de estas importaciones debido al desarrollo de recursos geotérmicos tendrá un impacto positivo considerable sobre la economía. Los objetivos del PFCG siguen siendo válidos, como todavía son importantes y sigue existiendo la necesidad de continuar con el apoyo al fortalecimiento de capacidades en geotermia y su desarrollo, aunque a una escala reducida. Las actividades y los productos del Proyecto son consistentes con la meta general y el logro de los objetivos, así como sus impactos y efectos.

El enfoque del PFCG ha sido conciso durante todo el periodo del Proyecto, y ha resultado en el establecimiento de la capacidad para monitorear, vigilar y darle seguimiento a los diferentes proyectos de energía geotérmica. Asimismo, ha aumentado considerablemente la capacidad instalada en las plantas generadoras de energía geotérmica.

5.3.2 Eficiencia

Es difícil comentar en términos cuantitativos acerca de la efectividad costo-beneficio del PFCG, puesto que no hay manera de establecer una comparación directa con proyectos similares de ICEIDA. El EEFE deberá seguir estudiando la distribución de los fondos consignados al Proyecto, para verificar si se invirtieron según lo planificado. En general se adhirió a lo establecido en el presupuesto de costos, y está claro que se lograron todos los principales objetivos, según lo establecido al inicio en el PFCG-DIP y el PFCG-DFP. Si bien es cierto que se omitieron algunas tareas, por decisión del Comité de Dirección, se añadieron otras que se consideraron eran más importantes o pertinentes, y que no formaban parte del objetivo inicial del Proyecto. Es la opinión del EEFE que las distintas tareas bajo los componentes han por lo general sido ejecutados de manera eficiente, debido a una muy buena cooperación entre las partes.

Con referencia a los recursos humanos, se puede notar que el equipo nicaragüense del PFCG estuvo bien calificado y trabajó con ahínco para adquirir nuevos conocimientos, y mostró un grado de iniciativa que resultó en algunos estudios de excepcional calidad, como el sobre la fragmentación de los bosques en áreas protegidas. Lo mismo se puede decir del equipo de expertos, ya que demuestran un muy buen conocimiento de sus respectivos campos profesionales, y están ansiosos por lograr un cambio duradero. El PFCG empezó a un ritmo algo más lento de lo esperado, debido a una falta de visión consensuada entre el MEM y el MARENA acerca de la importancia del Proyecto, pero esto se superó en las etapas subsiguientes. Es probable que este atraso inicial tuviera como secuela una cantidad de retrasos durante todo el PFCG.

En términos de coherencia, no había en Nicaragua un proyecto similar en ejecución durante el periodo de duración del PFCG, y pocas otras actividades por parte de ICEIDA. Hubo algunas actividades parecidas a las del Proyecto en pro del fortalecimiento de la Oficina Nacional de Desarrollo Limpio, por lo que fueron omitidas y se utilizaron los fondos para otras actividades pertinentes a los objetivos del PFCG.

5.3.3 Impacto

Los cambios producidos por el Proyecto son sin excepción positivos, en opinión del EEFE. Durante el periodo de ejecución del PFCG, la capacidad instalada de generación de electricidad utilizando geotermia aumentó de 32 a 102 MW_e. El fortalecimiento organizativo en el sector público, una de las principales metas de PFCG, ha sido substancial y se cumplió de manera bastante satisfactoria. Se ha establecido una dirección geotérmica competente, con un total de 13 funcionarios. Tanto en el MEM como en el MARENA se ha fortalecido la capacidad para el monitoreo, la vigilancia y el seguimiento a los proyectos de recursos geotérmicos. Asimismo, hubo algún fortalecimiento de capacidades en la UNAN-León. Sin embargo, también se considera que un quinquenio no es suficiente tiempo para garantizar que esta capacidad sea sostenible. El Proyecto ya ha tenido un impacto significativo sobre el sector de energía energético en Nicaragua, lo cual se espera resulte en que más personas tengan acceso a electricidad. En efecto, este es el principal objetivo del GON, según se declara en el Plan Maestro de Energía.

5.3.4 Eficacia

Casi todos los principales objetivos del Proyecto han sido logrados, como ya se describió en la sección 5.1. La única inquietud del EEFE es que el conocimiento adquirido posiblemente no sea sostenible, a no ser que brinde más apoyo por parte de un ente externo, si bien no tiene que ser a la misma escala que el PFCG. Las principales razones del éxito alcanzado fue el buen trabajo preparatorio, el cual también se ve reflejado en los informes PFCG-DIP y el PFCG-DFP. La asistencia externa proveniente de Islandia, El Salvador y otros países fue de alta calidad, y todas las partes expresaron su voluntad de cooperar y servir a los objetivos de Proyecto. Este insumo contribuyó en mucho al éxito del Proyecto.

5.3.5 Sostenibilidad de los resultados

Inicialmente se había planificado el PFCG para un periodo de cinco (5) años, con la posibilidad de que se extendiera el apoyo de ICEIDA. Pero por razones políticas, debido a la crisis económica en Islandia, se tomó la decisión de terminar el Proyecto al final de 2012. Desde la perspectiva de construir una base de conocimiento sostenible en Nicaragua, en el espíritu del PFCG, se considera deseable continuar con la asistencia externa, pero a una escala reducida. Este punto de vista fue expresado por muchos de los entrevistados y el EEFE apoya esta posición.

5.3.6 Temas transversales

Lo temas de género y el medio ambiente fueron las dos (2) prioridades transversales en el Proyecto. En esta subsección se describe cómo estos temas transversales de ICEIDA fueron integrados al PFCG. Con relación a la igualdad de género es difícil trazar exactamente cómo se integró al Proyecto, aunque los resultados son claros.

Impacto ambiental. Se considera que el PFCG tuvo un impacto ambiental favorable tanto a nivel local en Nicaragua como también a escala global. El Proyecto asistió al GON para aumentar la comprensión de cómo se pueden desarrollar los campos geotérmicos, conllevando a un aumento en el uso de la energía geotérmica para la producción de energía, y al mismo tiempo ahorrar en la combustión de combustibles fósiles. De esta manera, Nicaragua contribuirá a reducir los efectos sobre el cambio climático, causado por las emisiones de gases invernaderos. El aumento en los conocimientos y la comprensión de la naturaleza de los sistemas geotérmicos y su respuesta a la explotación probablemente también asistirá al GON para gestionar los recursos geotérmicos de una manera más sostenible y amigable con el medio ambiente. Asimismo, el PFCG ha establecido la base para promover una gestión más sostenible de los recursos naturales en áreas protegidas al realizar un mapeo de línea base y estimar su valor, si es que no se desarrollan para fines de producir energía geotérmica.

Impacto sobre la equidad de género. Fue parte de la política de ICEIDA para el PFCG favorecer a la equidad entre expertas internacionales que participaban en el Proyecto, con énfasis en invitar el más alto número posible de expertas. No existe información acerca del porcentaje de mujeres que participaron en el PFCG como un todo. Se estima que más de cien (100) nicaragüenses participaron en las actividades de capacitación, provenientes del MEM, MARENA, los concesionarios, las municipalidades y las universidades. El crecimiento en los conocimientos acerca del desarrollo geotérmico en la DDG-MEM, incluyendo la DIG-MEM el Laboratorio, han sido un importante pilar en el fortalecimiento de las capacidades institucionales en Nicaragua. De un total de once (11) miembros

expertos que fueron capacitados durante el PFCG, cinco (5) fueron mujeres. La coordinadora del proyecto también fue una mujer. De las 19 personas entrevistadas en Nicaragua con relación al Proyecto por el Equipo de Evaluación Final Externa, 13 eran mujeres, de las que 12 estuvieron en posiciones de gerencia o con un papel como expertas.

5.4 EVALUACIÓN DEL COMPROMISO DEL GOBIERNO DE NICARAGUA

Como resultado de los hallazgos descritos arriba, se llega a la conclusión que tanto el MEM como el MARENA, en representación del Gobierno de Nicaragua, han participado de manera eficaz en las actividades de asistencia técnica, según se desprende del PFCG-DFP y tomando en cuenta la flexibilidad necesaria al ajustar las actividades a las necesidades del proyecto. El MEM ha establecido una Dirección de Investigación Geotérmica (DIG), ha instalado un Laboratorio de Geoquímica y Geotermia (LGG), y alberga a ambos. El EEFE no tiene información específica que declara explícitamente que el GON se ha comprometido para garantizar el funcionamiento de la DIG a largo plazo. Según entiende el EEFE, se ha establecido una cooperación formal entre el MEM y el MARENA para realizar estudios pertinentes para el desarrollo geotérmico. El nivel de participación se detalla en las secciones 5.2 y 5.3, arriba.

5.5 EVALUACIÓN DEL COMPROMISO DEL GOBIERNO DE ISLANDIA

Como resultado de los hallazgos descritos arriba, se llega a la conclusión que ICEIDA, en representación del Gobierno de Islandia, ha cumplido con los compromisos asumidos en el PFCG. Se otorgaron fondos para asistencia técnica a las instituciones nicaragüenses, así como capacitación técnica para profesionales y se equipó el LGG.

»» 06

PRINCIPALES CONCLUSIONES

Este capítulo trata de las conclusiones a las que llegó el Equipo de Evaluación Final Externa (EEFE) acerca del desempeño general del Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia (PFCG), medido según su Documento Final de Proyecto (DFP). De particular interés son los temas que se considera siguen siendo importantes para el continuado desarrollo de los recursos geotérmicos en Nicaragua, así como el fortalecimiento de las capacidades en las instituciones del GON para monitorear, vigilar y darle seguimiento a los proyectos de energía geotérmica.

ÉXITO

- » El EEFE considera que el Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia, de cinco (5) años duración, ha sido en términos generales muy exitoso con respecto a todos sus componentes. La razón fue la buena planificación al inicio por parte de ICEIDA y el GON, los conocimientos de aquellos/as que brindaron apoyo externo, y la voluntad y devoción encontrada en Nicaragua para garantizar el éxito del PFCG.
- » Casi todas las tareas descritas en el Documento Final de Proyecto del PFCG se han concluido de manera satisfactoria. Si bien es cierto que algunas no se realizaron, fueron siempre reemplazadas por otras tareas consideradas más pertinentes. Una de las principales tareas que todavía quedan pendientes de cumplimiento son las NTON, guías que serán importantísimas para el desarrollo sostenible de los campos geotérmicos. La otra tarea crucial es la acreditación del Laboratorio de Geoquímica y Geotermia. Es muy importante para el éxito definitivo del PFCG que estas dos (2) tareas pendientes se terminen lo cuanto antes.

SOSTENIBILIDAD Y DESTREZAS

- » El plan y proyecto de cinco (5) años duración del PFCG no es suficiente tiempo para garantizar el mantenimiento y continuado fortalecimiento del conocimiento sobre la naturaleza de los recursos geotérmicos de Nicaragua de tal forma que se asegure sea sostenible a largo plazo, incluyendo los aspectos referentes a la valoración del impacto ambiental de la explotación de los recursos geotérmicos.
- » Con base en el actual estado de conocimiento, ni el MARENA ni el MEM están en posición para encargarse de todas las tareas necesarias para promover la utilización de los recursos geotérmicos de una manera sostenible, puesto que son tan variables las características de cada campo geotérmico. Por lo tanto, Nicaragua todavía necesita apoyo externo.

MAYOR CAPACITACIÓN

- » Los cursos de capacitación, los seminarios y los talleres realizados en el contexto del PFCG se consideran muy importantes, al igual que el estudio de fragmentación de bosques en áreas protegidas, combinado como fue este último con la elaboración de un Plan de Manejo para el Parque Nacional Volcán Masaya.
- » No obstante, aquí se hace notar que hubiera sido muy útil brindar más capacitación también sobre el monitoreo del desempeño de pozos en los campos productivos, así como la interpretación de datos geofísicos y geoquímicos.

- » También se observa que es muy importantes brindar más capacitación en metodologías de estimaciones de tamaño/cantidad de recursos bajo la superficie (en el Anexo III se describe la metodología propuesta por el Servicio Geológico de los EE.UU.).
- » Se necesita capacitación en ordenamiento territorial con relación a la planificación del desarrollo de los campos geotérmicos, usando como fundamento y profundizando la metodología utilizada en los estudios de fragmentación de bosques que realizó el MARENA.

GESTIÓN DEL PFCG

- » La ejecución del Proyecto se hubiera visto fortalecido por la designación de un(a) gerente de proyecto con un claro mandato para supervisar y vigilar la implementación de tareas y asegurar el éxito de todos los socios.
- » Asimismo, hubiera sido de beneficio que algunas personas en posiciones de liderazgo hubieran tendido papeles y tareas bien definidos.
- » También hubiera sido útil tener una rendición de informes sistemática y eficiente, con almacenamiento estandarizado de los datos.
- » Una de las principales dificultades encontradas durante el proceso de evaluación fue la de poder obtener una visión general del Proyecto, de su historial, éxito y rendición de informes. Esto fue así porque el acopio y almacenamiento de datos no se hizo de manera consistente.
- » Pudiera haber sido mejor el compartir de manera abierta y efectiva la información sobre los avances del proyecto y una mayor cooperación dentro y entre los ministerios y otras instituciones.

PLAN MAESTRO DE ENERGÍA

- » El tamaño estimado de los sistemas geotérmicos de alta entalpía (1,519 MW_e) contiene mucha incertidumbre debido a que se fundamenta en datos limitados.
- » Siempre existe incertidumbre concerniente al posible éxito de proyectos geotérmicos individuales en nuevas áreas. Es de crucial importancia que funcionarios tanto el MEM como MARENA comprendan bien este aspecto.
- » Se considera necesario que el GON adopte una visión de largo plazo y tenga muy claro que los sistemas geotérmicos deben ser considerados como minas de calor, dado que es muy incierto si son o no renovables (Williams, 2008).

PRESUPUESTO

Los gastos de ICEIDA estuvieron con mucho dentro de lo planificado en el presupuesto (aprox. 10%). En términos de costo/beneficio, el apoyo general brindado por ICEIDA es comparable al costo de perforar un pozo profundo de entre 2000 y 2500 metros en un campo geotérmico de alta entalpía. La comparación indica que la suma invertida en el PFCG valió la pena.

MEM-LGG Y MEM-DIG

- » El Laboratorio de Geoquímica y Geotermia (LGG) ya se encuentra operando, con todo el equipo y personal que necesita. No obstante, necesita todavía obtener un certificado de calidad para que sea comercialmente viable.
- » El MEM debe decidir si es el personal del LGG o el personal en el Departamento de Investigación Geotérmica que debe asumir la responsabilidad de interpretar los datos geoquímicos-geotérmicos. Asimismo, es necesario valorar con mucha prudencia la interpretación de los datos.
- » Hasta dónde tiene conocimiento el EEFE, el MEM todavía no ha empleado a expertos para la interpretación de los datos que se obtienen de los fluidos geotérmicos (un/a geoquímico/a), así como de los resultados de los levantamientos geofísicos (un/a geofísico/a). Asimismo, se necesita un especialista con antecedentes en geología y geoquímica para realizar trabajo de interpretación de datos, más allá de la especialización en la química de fluidos geotermiales.

»»07

PRINCIPALES RECOMENDACIONES

SOSTENIBILIDAD Y DESTREZAS

- » Se recomienda que el GON siga buscando asistencia externa para seguir fortaleciendo las capacidades que necesita para desarrollar sus recursos geotérmicos.
- » Se recomienda que de llegar a ser una realidad la continuación del apoyo de Islandia, deberá ocurrir a una escala reducida y ser ir disminuyendo paulatinamente.
- » El EEFE recomienda también que cualquier apoyo continuado debe incluir asesoramiento y tutoría por unos años, con el propósito de establecer una capacidad duradera en el MEM y el MARENA que les permitiría a estos ministerios llegar a ser autosuficientes para vigilar y monitorear el desarrollo y uso de recursos geotérmicos de manera sostenible.
- » Se recomienda definir el alcance de este apoyo por medio de un nuevo plan de PFCG.
- » Es aconsejable establecer un foro de organizaciones gubernamentales, desarrolladores y científicos en las universidades para que trabajen juntos y compartan, mantengan y fortalezcan los conocimientos mutuos acerca de los recursos geotérmicos.
- » Con el fin de promover la sostenibilidad, el EEFE considera que es importante tener en mente el valor de tener a mano un personal y expertos que trabajen en asuntos de geotermia en los ministerios por un tiempo relativamente largo, y que exista algún traslapo cuando se retire el personal experimentado y se contrate a personal nuevo.
- » El EEFE quisiera señalar que cuando instituciones como el MEM y el MARENA asumen obligaciones en un campo nuevo, es importante otorgar un tiempo y fondos a los expertos en la materia para que puedan estudiar la literatura pertinente, mejorar sus conocimientos de inglés y participar en conferencias internacionales con el fin de cimentar sus destrezas y aumentar su experiencia.

GESTIÓN DEL PROYECTO

- » Se recomienda que ICEIDA tenga un gerente de proyecto designado para todos sus proyectos, con un claro mandato para supervisar su ejecución y éxito.
- » Además, se recomienda que ICEIDA desarrolle un diseño de proyecto conciso y una metodología para la rendición de informes.
- » Asimismo, se recomienda que una de las primeras tareas al iniciar un nuevo proyecto sea el establecimiento de un breve glosario de términos, incluyendo términos técnicos y abreviaciones / siglas.
- » Se recomienda que la carga de trabajo para cada participante se valore de manera cuantitativa, con el fin de garantizar que el/la funcionario/a pueda efectivamente lidiar con sus tareas en un tiempo razonable.
- » Finalmente, el EEFE recomienda que en proyectos como el PFCG, se haga un uso activo de los sitios *web* para distribuir y hacer disponible información sobre el proyecto.

PLAN MAESTRO DE ENERGÍA Y SUPERVISIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD

- » Se alienta al GON a recopilar todos los datos conocidos sobre la exploración de la superficie acerca de los campos geotérmicos conocidos en Nicaragua, tanto de alta como de baja entalpia, con el propósito de reinterpretar estos datos y decidir si se deben recolectar datos adicionales para priorizar ciertas áreas para perforaciones de exploración y como contribución a una escogencia juiciosa de los sitios en que se perforarán pozos de exploración en estas áreas.
- » Se considera importante vincular el desarrollo de los recursos geotérmicos de Nicaragua con el desarrollo de otros recursos energéticos, de tal manera que la energía geotérmica pueda entrar en operaciones en cualquier momento luego de que se haya caracterizado y cuantificado un nuevo campo por medio de perforaciones. Asimismo, se debe tener en mente que las plantas generadoras geotérmicas deben ser utilizadas como carga base, v.g. con un alto factor de carga en el mercado de energía eléctrica.
- » Se recomienda que el MEM y el MARENA consideren seriamente la posibilidad de adoptar y adaptar la terminología del USGS al desarrollo y uso de los recursos geotérmicos (véase el Anexo III).
- » Se considera esencial documentar con exactitud las estadísticas acerca del uso anual de electricidad en Nicaragua, incluyendo los factores de carga para cada planta generadora.

MEM-LGG Y MEM-DIG

- » Con base en la intención del MEM de esperar el LGG de manera comercial, se recomienda que los expertos participantes en la interpretación de los datos geoquímicos deben estar en el DIG-MEM, puesto que su trabajo requiere de la cooperación con expertos en otras disciplinas, quienes también trabajan en proyectos geotérmicos.
- » Se recomienda que el proceso de certificación para el LGG debe ser completada lo más pronto posible para realizar su operación comercial.
- » Habiendo recibido la certificación, comercialización a fondo de los servicios del LGG se recomienda.

»» 08

APRENDIZAJES

Puesto que existe un traslapo entre el contenido de los capítulos 6 (Conclusiones principales) y el capítulo 8 (Aprendizajes), el EEFE decidió dividir el contenido de estos dos (2) capítulos de tal forma que el capítulo 6 refleja solamente información que se puede considerar como “hechos concretos”, mientras que en el capítulo 8 se refleja la opinión del EEFE sobre temas más “subjetivos”.

- » El Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia, según se define en el Documento de Proyecto Final (PFCG-DFP), fue demasiado detallado. Se considera que un enfoque más favorable a la planificación de un proyecto como el PFCG sería asegurar la contratación de un Gerente de Proyecto ya en la fase temprana preparatoria; construir un plano de proyecto más general; y establecer un Comité de Dirección con la autoridad para especificar en detalle las actividades para cada año, incluyendo una revisión del plan inicial del proyecto, si bien que siempre dentro de los parámetros establecidos por el presupuesto.
- » La contabilidad debe estar en manos del donante (en este caso, ICEIDA). Los planes propuestos por el Comité de Dirección deben ser aprobados por ICEIDA y también por la contraparte.
- » El concepto de sostenibilidad fue muy claramente definido en el PFCG-DFP, y era compatible con las actividades del Proyecto en todas sus etapas. Esto se considera muy importante y la planificación de los nuevos proyectos debe seguir siempre esta pauta.
- » La carga de trabajo de todas las personas que participan en un proyecto debe ser evaluada con atención, con el fin de evitar que una falta de personal (o tiempo entre el personal) resulte en un rendimiento inadecuado para el proyecto, o bien por el contrario, un exceso de personal resulte en gastos innecesarios.
- » Aunque el diseño del PFCG fue muy detallado con respecto a las tareas y sus tiempos de ejecución, se considera que hubiera sido importante también tener hitos bien definidos (en secuencia y en paralelo), ya que son necesarios para poder valorar los avances y el éxito con relación a la meta principal del proyecto.
- » El desarrollo de los recursos geotérmicos requiere de conocimientos que solamente pueden proporcionar expertos en muchos campos, incluyendo la biología, ingeniería, geoquímica, geología, geofísica, hidrología, matemáticas, planificación y diseño. Esto significa que es crucial saber trabajar en equipo, algo que se debe tener en cuenta al planificar el desarrollo geotérmico.
- » Aparentemente no se llevó a cabo una evaluación de la validez del fundamento del PFCG, o sea, un estudio que demostrara que la abundancia y el tamaño estimado de los recursos geotérmicos son en realidad importantes para la economía de Nicaragua. El campo geotérmico de Momotombo ha estado bajo exploración por varias décadas, y el desempeño de este reservorio geotérmico no ha sido muy satisfactorio. Cuando la meta principal de un proyecto de desarrollo significa la utilización de un recurso natural, es de suma importancia evaluar con el mayor grado de confianza o certidumbre posible el valor del recurso a ser utilizado y luego establecer los tiempos y las etapas de las actividades a una escala que esté en armonía con las expectativas.

»»09

BIBLIOGRAFÍA E INFORMES

- Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI). How to perform evaluations – evaluation reports. Canadian International Development Agency, 200 Promenade du Portage, Gatineau, Quebec, K1A 0G4, 8 pp.
- Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI). (2004) CIDA evaluation guide. Canadian International Development Agency, 94 pp.
- Ármannsson, H. (2008) Visit to Nicaragua in May, 2008. Report ISOR-2008/031, 26 pp.
- Ármannsson, H. y Ólafsson, M. (2006) Collection of geothermal fluids for chemical analysis. Report ISOR-2006/016, 17 pp.
- Ármannsson, H. y Óskarsson, F. (2012) Workshop on Geochemical Methods, Managua October 2011, Meetings with MARENA Personnel. Further Co-operation of ICEIDA with MEM and MARENA, Nicaragua. Report ÍSOR-2012/008, 20 pp.
- Ármannsson, H. y Óskarsson, F. (2011) Workshop on geochemical methods, Managua October 2011. Meetings with MARENA personnel. Further co-operation of ICEIDA with MEM and MARENA, Nicaragua. ISOR report, Nov., 2012. 18 pp.
- Ármannsson, H., Fridriksdóttir, S. y Thóroddsson, Th. F. (2007) Support to MARENA, Nicaragua under the ICEIDA geothermal program. Expert visit in May 2007, ÍSOR report ÍSOR-2007/035, 113 pp.
- Ármannsson, H., Thóroddsson, Th. F. y Renderos, R. (2009a) Nicaragua visit March 30 to April 3 2009. EIA seminar preparation and evaluation of chemical laboratory. Report ISOR-2009/024, 20 pp.
- Ármannsson H., Thóroddsson Th.F., y Renderos R. (2009b) EIA seminar preparation and evaluation of chemical laboratory. ÍSOR report ÍSOR-2009/024, 20 pp.
- Ármannsson H., Thóroddsson Th.F., y Gunnarsson J. (2011) Comments on TOR for EIA of geothermal projects elaborated by MARENA and MEM in Nicaragua. ÍSOR short report ÍSOR-11007, 8 pp.
- Ármannsson, H. (Iceland GeoSurvey), Thóroddsson, Th. F. (Agencia Nacional de Ordenamiento Territorial, Islandia) y Gunnarsson, J. (Agencia Nacional de Ordenamiento Territorial, Islandia) (2011) Comentarios a los TdR para EIA de proyectos geotérmicos preparados por MARENA y el MEM en Nicaragua. Informe ÍSOR-11007.
- Casanova M.A. (2010) Informe final de la asistencia técnica, capacitación en legislación ambiental sobre recurso geotérmica y su sistematización. Informe entregado al MARENA, ICEIDA e ÍSOR, diciembre de 2010, 13 pp.
- Castañeda E., editor (2012) Plan de Manejo del Parque Nacional Volcán Masaya. Informe de MARENA, 98 pp.
- Comité de Asistencia para el Desarrollo (CAD) de la OCDE (2010) Serie Guías y Referencias del CAD – Normas de Calidad para la Evaluación del Desarrollo. ISBN 978-9264-08390-5 (pdf).
- Comité de Asistencia para el Desarrollo (CAD) de la OCDE (1991) Principios del CAD para la Evaluación de la Asistencia para el Desarrollo, 1991.

- Agencia Danesa para el Desarrollo Internacional (DANIDA) (2006). Guía para Evaluaciones. Ministerio de Relaciones Exteriores de Dinamarca, 111 p., ISBN 87-7667-616-1, e-ISBN 87-7667-618-8.
- Díaz, *et al.* (2012) Informe final del estadio de la fragmentación de bosques en áreas protegidas de Nicaragua con potencial geotérmico. 12 tomos, incluyendo un informe general y un tomo para cada una de las 11 áreas geotérmicas estudiadas. Informe de MARENA, impreso pero todavía no recibido por ISOR.
- Egilsson, Th., Halldórsdóttir, S., Espinales, A., Ruiz, F., Matus, I., González, M., Ruiz, H. y R. Quintero, (2012) Valoración del Campo Geotérmico de Momotombo en Nicaragua, preparado para el Ministerio de Energía y Minas, Nicaragua. Informe ÍSOR-2012/010. 223 pp.
- Einarsson G.M. (2010) Data system visit to Nicaragua – Second draft. ÍSOR memo submitted to MEM and ICEIDA, 2 pp.
- Einarsson, G.M. y Ketilsson, J. (2009b) Geothermal data management at the Ministry of Energy and Mines, Nicaragua. Needs assessment and legal merit for official geothermal monitoring information system. National Energy Authority report OS-2009/008, 27 pp.
- Eyjólfssdóttir E.I. (2010) Momotombo – Nicaragua: Notes on calculations of deep fluid with WATCH. Memo to MEM dated 20/1 2010, 2 pp.
- Eyjólfssdóttir E.I. (2010) Momotombo – Nicaragua: Work conducted by Ester Eyjolfssdottir in November 2009 for MEM. Memorandum al MEM con fecha 20/1 2010, 9 pp.
- Flores J. (2012) Informe de desarrollo para el MEM – Base de datos geotérmicos e Interfaz en sitio Web . Breve informe entregado al MEM, ICEIDA e ÍSOR, 42 pp.
- Fridriksson, Th. (2007) Support to MARENA under ICEIDA geothermal program: interim report. Report ISOR-07117, 21 pp.
- Fridriksson, Th. (2010) Geothermal Geochemistry: Short course in Managua, Nicaragua November 29th to December 3rd 2010. Report ÍSOR-10134.
- Fridriksson, Th. (2011) Hugleiðingar um sjálfbærni einstakra þátta í jarðhitaverkefni ÞSSÍ í Níkaragva. Report ÍSOR-11061.
- Fridriksson, Th. (2012a) A review of geochemical data from the Momotombo geothermal field. Report ISOR).
- Fridriksson, Th. (2012) ISOR activities within the Nicaragua Geothermal Capacity Building Project – Final Report. Report ÍSOR-2012/062, 35 pp.
- Fridriksson Th., Porrás I., y Ruiz F. (2012) A review of geochemical data from the Momotombo geothermal field. ÍSOR report ÍSOR-2012/064, in preparation, 40+ pp.
- Fridriksson, Th. y Ragnarsson, Á. (2007) Needs assessment for ICEIDA's geothermal Capacity Building Project in Nicaragua. Informe final de visita. Informe ÍSOR-07064.
- Fridriksson, Th. y Steingrímsson, B. (2006) Visit to Nicaragua in January 2006 organized by ICEIDA. Report ISOR-06064.

- Fridriksson, Th., Ragnarsson, Á. y Steingrímsson, B. (2007) Needs assessment report for ICEIDA's geothermal project in Nicaragua. Report ISOR-07195, 39 pp.
- Fridriksson, Th., Halldórsdóttir, S., Hersir, G.P. y Ármannsson H. (2010) Mario González, director of the geothermal division of MEM, Nicaragua visits Iceland. Report ÍSOR-10121.
- GeothermEx (2001) Plan Maestro Geotérmico de Nicaragua, octubre de 2001.
- Gíslason G. (2009) Perspectivas geotérmicas de la Laguna de Apoyo y el Volcán Mombacho. Informe de Campo. Informe no publicado, entregado al MEM, ICEIDA e ÍSOR, 33 pp.
- González A.M. (2009) TdR-EIA Taller – Proyectos Geotérmicos. Informe entregado a la alta gerencia del MARENA, ICEIDA and ÍSOR, 16 pp.
- Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GON), Plan Nacional de Desarrollo Humano Actualizado 2009-2011 – Resumen Técnico. 151 pp.
- Guevara, G. A. (2012) Proyecto “Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia”, Agencia Islandesa de Cooperación Internacional (ICEIDA) Islandia-Nicaragua. Breve Informe Final, 13 pp.
- Gunnarsdóttir, S. (2012a) Database Training Visit Geothermal Database of MEM – Ministry of Energy and Mines Nicaragua. Report ÍSOR-12076, 85 pp.
- Gunnarsdóttir, S. (2012b) Database Teaching Material – Geothermal Database of MEM – Ministry of Energy and Mines Nicaragua. Database Overview for Users at MEM with 150 SQL Queries to the Database. Report ÍSOR-12079, 88 pp.
- Gunnarsdóttir S., Ragnarsson J., y Flores J. (2012) Geothermal Database and Web Interface of MEM – Ministry of Energy and Mines Nicaragua. Design Outline and Directions for Use. ÍSOR report ÍSOR-2012/063, ~90 pp. Se encuentra en las etapas finales de elaboración.
- Hernández J. (2012) Informe final sobre la elaboración de las normas ambientales y técnicas para proyectos geotérmicos, incluyendo un borrador completo de las normas. Informe supuestamente entregado al MEM y al MARENA, pero todavía no recibido por ICEIDA e ÍSOR.
- Hersir, G.P. y Ólafsson, M. (2009a) Comments by ISOR on the report: Managua – Chiltepe geothermal concession. Results of surface exploration. ISOR report 09059, 9 pp.
- Hersir, G.P. y Ólafsson, M. (2009b) Comments by ISOR on the report: Concession Geotérmica “El Hoyo – Monte Galán. Resultados de la Exploración de Superficie. Report ISOR 09060, 8 pp.
- Hersir, G.P., Ólafsson, M. y Halldórsdóttir, S. (2009) Comments by ISOR on the report: Casita Geothermal Prospect. Scientific Assessment. Report ISOR-09071, 10 pp.
- Hersir, G.P. y Gudnason, E.Á. (2010) Geophysics for non-geophysicists: Seminar held in Managua, Nicaragua 8–12 November 2010. Report, ÍSOR-10125.
- ICEIDA – MEM (2008) Islandia – Nicaragua: Proyecto de fortalecimiento de capacidades en geotermia. Versión Final – Documento de Proyecto. Informe MEM – ICEIDA, 140 pp.

- Ingimundarson, A. y Thórhallsson, S. (2009) Evaluation of technical feasibility of the geothermal power plant in San Jacinto – Tizate, Nicaragua. ISOR report, 33 pp.
- Jensson H. (2008) Geothermal Capacity Building Project – ICEIDA. Memorandum. Meeting with the Directorate of Natural Heritage, 7 October 2008. EPA memo submitted to MARENA, ICEIDA, and ÍSOR, 2 pp.
- Jensson H. (2010) Visit to Nicaragua Oct. 11-15 2010. Evaluation of the project ‘State of Forest Fragmentation in Protected Areas of Nicaragua with Geothermal Potential’. Memo dated 27 October 2010 submitted to ICEIDA, MARENA and ÍSOR.
- Jensson, H. y Fridriksdóttir, S. (2009) Workshop and assessment of environmental values of protected areas with geothermal potential, held in Nicaragua in November 2009. Summary report submitted to MARENA, ICEIDA and ISOR, 6 pp.
- Jóhannesson Th. (2011) Tæknilegir valkostir í raforkurframleiðslu með jarðhita í Níkaragúa. Jarðhitaverkefni ÞSSÍ. Technical assistance for the evaluation of geothermal developments in Nicaragua. Greinargerð um námskeið Verkís í febrúar 2011. End of visit report in Icelandic. 67 pp.
- Kristinsson, S.G. (2011) MEMO Visit to Nicaragua Central Part for Geological Training - April 2011 and Nov 2011.
- Kristinsson S.G. y Ruiz J. (2010). Reconocimiento Geológico del Área San Francisco Libre, 24 pp. Informe MEM terminado.
- Kristinsson S.K. (2011) Níkaragúa, mars 2011. Memorando de ÍSOR en idioma Islandés.
- Kristinsson S.K. (2012a) Níkaragúa vinnan á árunum 2010 -2012. Memorando de ÍSOR en idioma Islandés.
- Kristinsson S.K. (2012b) Vinna með MEM mars 2012. Staða verkefnis og markmið ferðar. Memorando de ÍSOR en idioma Islandés.
- Kristinsson S.K. (2012c) Níkaragúa ferð nóvember 2011. Memorando de ÍSOR en idioma Islandés.
- Kristinsson S.G. y Ruiz J. (2010) Reconocimiento Geológico del Área de Teustepe, 22 pp. Informe MEM terminado.
- Kristinsson S.G., Ruiz J. y Quintero R. (2011) Reconocimiento geológico del área Macuelizo, 19 pp. Informe MEM terminado en un 90%.
- Kristinsson S.G., Ruiz J. y Quintero R. (2011) Reconocimiento geológico del área Santa Bárbara, 22 pp. Informe MEM terminado en un 90%.
- Kristinsson S.G. y Ruiz J. (2012) Geological and geothermal reconnaissance in Nicaragua. New areas mapped in the years 2010 – 2012. 10 pp. ÍSOR short report ÍSOR-12086.
- MARENA Dirección de Calidad Ambiental (2011) Guía General: Términos de Reference para la elaboración de las EIA para proyectos geotérmicos, fase de exploración. Documento a ser adoptado como un instrumento legal a finales de 2012.

- MARENA Dirección de Calidad Ambiental (2011) Guía de Procedimientos para Desarrolladores Geotérmicos en Nicaragua. Informe del MARENA, 37 pp.
- Mineral Commodity Summaries (2011) U.S. Department of the Interior and U.S. Geological Survey. 198 pp.
- Ministerio de Energía y Minas (2007). Plan estratégico del sector energético 2007-2017. Informe MEM, 55 pp.
- Mortensen, A.K. y Egilsson, Th. (2012) Well reports of HMG-1 and HMG-2 at El Hoyo – Monte Galán. Report ISO-2012/009, 30 pp.
- O’Sullivan, M., Yeh, A. y Mannington, W. (2010) Renewability of geothermal resources. *Geothermics*, 39, 314–320.
- Óskarsson F. (2012) Dagbók Níkaragvaferðar FÓ í apríl og maí 2012. Memorandum de ÍSOR en idioma Islandés.
- Pang, Z. y Ármannsson, H., editores (2006) Analytical procedures and quality assurance for geothermal water chemistry. United Nations University Geothermal Training Programme 2006 – Report 1,172 pp.
- Porras, E. (2012) Stimulating wells – the experience of the Momotombo Geothermal Fields, Nicaragua. Ponencia presentada en el “Curso corto sobre desarrollo geotérmico y pozos geotérmicos”, organizado por la UNU-GDP y LaGeo en Santa Tecla, El Salvador, 11 al 17 de marzo de 2012, 8 pp.
- Ragnarsson, J. (2012) ÍSOR IT specialist visit to Nicaragua in February 2012: End of visit report. Report, ÍSOR-12021, 6 pp.
- Ragnarsson J. (2011) Small status report for the geothermal database. End of visit memo submitted to MEM and ICEIDA, 2 pp.
- Renderos, R. (2009) Report of the visit to the geochemical laboratory of the Nicaraguan Ministry of Energy and Mines. November 16-25, 2009. LaGeo Report.
- Renderos, R. Memo - Implementation of Quality Management System under iso/iec 17025:2005 Standard at Laboratorio de Geoquímica Geotérmica Ministerio de Energía y Minas. Roberto Renderos, Coordinador de Laboratorio Geoquímico LaGeo S.A. de C.V., El Salvador. Report LaGeo.
- Renderos R. (2011) Implementation of quality management system under ISO/IEC 17025:2005 Standard at Laboratorio de Geoquímica Geotérmica Ministerio de Energía y Minas Nicaragua. Final Memo submitted to ÍSOR and ICEIDA.
- Rodríguez, J.A. (2009) Project Evaluation. Capacity Strengthening in Geothermal Energy. Epsilon 3, S.A. de C.V. report. Submitted to Steering Committee, 32 pp.
- Ruiz-Cordero, J.F. (2008) Geochemical interpretation of the Masaya-Granada-Nandaime chemical data, Nicaragua. UNU-GTP Report 2008, no. 26, 477-518.
- Ruiz-Mendieta, J. (2009) Reassessment of the production capacity of two geothermal fields in Nicaragua. UNU-GTP Report 2009, no. 24, 513-534.

- Sandino, A. (2011) Plan de negocios del laboratorio de geoquímica geotérmica, 50 pp.
- Sanyal, S.K. (2005) Sustainability and renewability of geothermal power capacity. Congreso Mundial de Geotermia, 2005, Antalya, Turquía, abstracto 0520.
- Stefánsson, V. (2000) The renewability of geothermal energy. Congreso Mundial de Geotermia, 2000, Kyushu – Tohoku, Japón, 28 de mayo al 10 de junio, 2000, 883-888.
- Steingrímsson, B. (2011) The San Jacinto project. Current status and future plans for monitoring and development. Report ISOR-11060, 11 pp.
- Steingrímsson, B. y Fridriksson, Th. (2012) Geothermal Field Management of the San Jacinto Geothermal Field. Informe ÍSOR-2012/033, 30 pp.
- Steinsdóttir G. y Ketilsson J. (2008) Visit to Nicaragua July 2008. Orkustofnun Report OS-2008/006, 14 pp.
- Steinsdóttir, G., Kristjánsson, S. y Ketilsson, J. (2009) Public monitoring of geothermal utilization. Lessons learned in Iceland considered for geothermal development in Nicaragua. Report National Energy Authority OS-2009/006, 41 pp.
- Thórhallsson, S. y Mortensen, A.K. (2008) Comments on drilling and completion reports for recent wells at San Jacinto – Tizate. Report ISOR-08104, 4 pp.
- Thóroddson, F.Th. y Ármannsson, H. (2009) Seminar on guidelines for EIA preparation, Managua, May 2009. Further co-operation of ICEIDA with MARENA, Nicaragua. Report ISOR-2009/043, 39 pp.
- Thóroddsen, Th.F. y Ármannsson, H. (2010) Consultancy, workshop, field visits, El Salvador and Nicaragua preparation, Managua May 2009. Further co-operation of ICEIDA with MARENA, Nicaragua. National Planning Agency, Iceland GeoSurvey Report ISOR-2010/008, 25 pp.
- Verkís (2011) Tæknilegir valkostir í raforkuframleiðslu með jarðhita í Níkaragua. Jarðhitaverkefni ÞSSÍ. Technical assistance for the evaluation of the geothermal developments in Nicaragua. Greinargerð um námskeið Verkís í febrúar 2010. Verkís report, 9 pp (en islandés).
- Williams, C.F., Reed, M.J., Mariner, R.H., De Angeolo, J. y Galanis Jr., S.P., (2008) Assessment of moderate and high-temperature geothermal resources of the United States. USGS – Science for a changing world.
- Zeledón Y. (2011) Informe final. Consultoria de una Norma Técnica Ambiental aplicada a proyectos geotérmicos de Nicaragua. Informe entregado al MARENA, ICEIDA e ÍSOR, 18 pp.

INFORMES ESCRITOS PERTINENTES PARA EL PFCG. NO APARECE INFORMACIÓN SOBRE LA FECHA DE PUBLICACIÓN NI LOS NOMBRES DE LOS AUTORES.

Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional, Plan Nacional de Desarrollo Humano Actualizado 2009-2011 – Resumen Técnico. 151 pp.

Informes geológicos y geoquímico elaborados durante el año 2012 por personal del MEM referentes a la parte central de Nicaragua.

Legislación Específica sobre el Recurso Geotérmico de la República de Nicaragua-MARENA.

Guía de Procedimientos para Desarrolladores Geotérmicos en Nicaragua- MARENA.

Documento de sistema control de calidad, terminado, que consiste en 72 documentos, incluyendo un Manual de Calidad, un Manual de Descripción de Funciones, Política de Calidad, Guías para Clientes, Estructura de Documentos, 29 procedimientos de gestión, 5 procedimientos técnicos, 21 instructivos para manejo y operación de instrumentos y 12 procedimientos para el cálculo de incertidumbre, métodos de validación de pruebas, etc.

Términos de Referencia para la Elaboración de Estudio de Impacto Ambiental de Proyectos Geotérmicos – Fase de Exploración a Través de Perforaciones – Fase de Exploración.

Draft of the Technical and Environmental Norms for the Exploration and Exploitation of Geothermal Resources. MARENA- MEM

SEMINARIOS Y CURSOS

Esta recopilación la realizó Thráinn Fridriksson,, con base en el Informe Final del PFCG (Fridriksson, Th. (2012b), entregada a ICEIDA en enero de 2012. La lista, que se presenta en la tabla más abajo, enumera tanto los cursos cortos impartidos por expertos de ISOR y personas subcontratadas por ISOR, como los talleres más o menos formales que tuvieron lugar en el contexto de otras actividades del Proyecto, según Fridriksson.

FECHA	TEMA	CAPACITADORES	INSTITUCIONES PARTICIPANTES
10-2008	Ingeniería de reservorios	Th. Egilsson	MEM, MARENA, Polaris, GeoNica, UNAN-León
01-2009	Geología de pozos	A.K. Mortensen, Th. Fridriksson	MEM, Polaris
09-2009	Perforación geotérmica	S. Thórhallsson	MEM, Polaris, GeoNica, MARENA, alcaldía de Mateare, Amictlán.
11-2009	Taller: "Evaluación de los valores ambientales de áreas protegidas con potencial geotérmico."	H. Jensson, S. Fridriksdóttir	MARENA
12-2009	Análisis de datos de reservorios	Th. Egilsson, S. Halldórsdóttir	MEM
11-2010	Exploración geofísica	G.P. Hersir, E.Á. Gudnason	MEM, ENEL, GeoNica, CCP, Polaris, UNAN-León
11-2010	Geoquímica geotérmica	Th. Fridriksson, I. Gunnarsson	MEM, ENEL, GeoNica, CCP, Polaris, UNAN-León, Ormat

02-2011	Diseño de plantas generadoras	Th. Johansson	MEM, Polaris
05-2011	Resultados del reservorio de Momotombo	Th. Egilsson	MEM
11-2012	Resultados de química de Momotombo	Th. Fridriksson	MEM
06-2009	Resultados de exploraciones en El Hoyo - Monte Galán y Managua - Chiltepe	G.P. Hersir, M. Ólafsson	MEM
09-2009	Resultados de exploraciones en El Hoyo - Monte Galán y Managua - Chiltepe	G.P. Hersir, M. Ólafsson, S. Halldórsdóttir	MEM, GeoNica
07-2010	Resultados de perforaciones en El Hoyo - Monte Galán	A.K. Mortensen	MEM, GeoNica
05-2009	Factibilidad técnica de San Jacinto	A. Ingimundarson	MEM
04-2011	Desarrollo del campo geotérmico de San Jacinto	B. Steingrímsson	MEM, Polaris
05-2012	Desarrollo del campo geotérmico de San Jacinto	B. Steingrímsson, Th. Fridriksson	MEM, Polaris
09-2009	Resultados de perforación Casita - San Cristóbal	G.P. Hersir, M. Ólafsson, S. Halldórsdóttir	MEM
05-2008	Métodos de química analítica	H. Ármannsson	MEM
03-2009	Métodos de química analítica	H. Ármannsson, R. Renderos	MEM
10-2011	Interpretación de datos de exploración geoquímica	H. Ármannsson, F. Óskarsson	MEM
04-2012	Interpretación de datos de exploración geoquímica	F. Óskarsson	MEM

10-2009	Gestión de datos geotérmicos	J. Ketilsson, G.M. Einarsson	MEM
10-2012	Estructura de base datos relacional y su gestión	S. Gunnarsdóttir	MEM
05-2009	EIA para proyectos geotérmicos	H. Ármannsson, Th.F. Thóroddsson	MARENA, MEM
12-2009	Impactos ambientales del desarrollo geotérmico	H. Ármannsson, Th.F. Thóroddsson	MARENA, MEM

INFORMES DE AVANCE Y ACTAS DEL COMITÉ DE DIRECCIÓN DEL PFCG

- >> 2008
 - Informe Final 2008
 - Actas de la primera reunión del Comité de Dirección, 11 de marzo de 2008.
 - Actas de la segunda reunión del Comité de Dirección, 12 de noviembre de 2008
- >> 2009
 - Informe Final 2009
 - Actas de la primera reunión del Comité de Dirección, 10 de febrero (fechado 9 de febrero, 2008).
 - Actas de la segunda reunión del Comité de Dirección, 22 de julio de 2009
 - Actas de la tercera reunión del Comité de Dirección, 3 de diciembre de 2009
 - Primer Informe Semestral Enero-Junio
- >> 2010
 - PFCG 2008
 - Ayuda memoria de la primera reunión del Comité de Dirección, 5 de mayo de 2010.
 - Ayuda memoria de la segunda reunión del Comité de Dirección, 3 de noviembre de 2010
- >> 2011
 - Informe Anual 2011
 - Ayuda memoria de la primera reunión del Comité de Dirección, 4 de marzo de 2011
 - Ayuda memoria de la segunda reunión del Comité de Dirección, 30 de noviembre de 2011
 - Primer Informe Semestral Enero-Junio
- >> 2012
 - Informe Anual 2012

CONFIRMACIÓN DE DONACIONES

- >> Trece (13) cartas firmadas por el MEM e ICEIDA, como confirmación de la donación de ICEIDA al MEM
- >> Una (1) carta firmada por la UNAN-León, como confirmación de la donación de ICEIDA a la UNAN-León

- » Diez (10) cartas firmadas por el MARENA e ICEIDA, como confirmación de la donación de ICEIDA al MARENA

MEMORANDA

- » Propuesta del MARENA para la clasificación de bosques fragmentados en áreas protegidas con base en su valor de conservación (2008-2009, pero sin fecha)
- » Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia en Nicaragua, ÍSOR, Fridriksson, Th., Guevara, G. y Steingrímsson, B.
- » Comentarios sobre el diseño y los costos del sistema de información de la Dirección de Informática del MEM. ISOR, Einarsson, G.M., Hauksson, K.R., 4 de noviembre de 2009.
- » Observaciones del Comité de Coordinación concerniente a la propuesta de MARENA para el último trimestre de 2009. Enviado a Gísli Pálsson por Magdalena Pérez (MEM) y Gioconda Guevara (ICEIDA), 28 de septiembre de 2009.
- » Reunión con el Director de Patrimonio Natural acerca de la información contenida en el Plan Maestro de Geotermia, y una propuesta para un plan de trabajo. Helgi Jensson, 7 de octubre de 2008.

ANEXO I: RESEÑA HISTÓRICA DEL PFCG DESDE LA PERSPECTIVA DE ICEIDA

2004

Por medio del Ministerio de Relaciones Exteriores de Nicaragua (MINREX), el Gobierno de Nicaragua (GON) hizo una primera solicitud de asistencia al Gobierno de Islandia (GOI), específicamente para el desarrollo de un proyecto de apoyo institucional para el subsector de la geotermia. En aquel momento, dio inicio el proceso de identificar necesidades en Nicaragua, tanto en el sector energético en general como en el subsector geotérmico en particular. Luego de una visita inicial a Nicaragua por parte de una delegación de Islandia a finales del año 2004, se decidió desarrollar una cooperación entre los dos países en el campo de la geotermia.

2005

ICEIDA invitó a tres representantes del GON para que visitaran a Islandia en el mes de agosto. Durante la visita, se puso énfasis en el marco legislativo y regulatorio para la utilización de la geotermia, la enseñanza sobre la naturaleza de los recursos geotérmicos, y la capacitación de aquellos funcionarios públicos que formarían parte del proceso de otorgamiento de concesiones para la exploración y explotación de este recurso. Más tarde, las autoridades nicaragüenses presentaron a ICEIDA sus puntos de vista e ideas con relación a la cooperación. Se hizo una solicitud a Islandia para que cooperara en el fortalecimiento de capacidades locales, con el propósito de lograr que Nicaragua llegase a ser auto-suficiente para gestionar el subsector geotérmico a nivel gubernamental y de acuerdo con la legislación nacional en la materia.

Como seguimiento a la visita a Islandia, una delegación de ICEIDA, Iceland GeoSurvey (ISOR) y del Ministerio de Comercio e Industria visitó a Nicaragua en septiembre para continuar las pláticas con representantes de las autoridades nicaragüenses. Durante estas conversaciones se decidió organizar un taller sobre el desarrollo de la geotermia en con la participación de ministerios, instituciones gubernamentales así como universidades de Nicaragua y expertos de Islandia y otros países. La meta principal del taller fue el de ofrecer a las partes interesadas la oportunidad de conocerse e irse familiarizando con la situación de cada quién. De esta manera, los islandeses obtuvieron información de primera mano acerca de las verdaderas necesidades de Nicaragua en el sector energético, mientras que simultáneamente compartían información con los representantes de Nicaragua acerca de los conocimientos de Islandia en lo referente al sector energético.

2006

ICEIDA abrió una oficina en Nicaragua, con el Sr. Gísli Pálsson como director de país. En junio se celebró un taller titulado “El Futuro de la Energía Geotérmica en Nicaragua y la Cooperación de Islandia”. El principal objetivo del taller era el de promover el intercambio de experiencia en asuntos de geotermia entre los dos países. Fue así que los expertos nicaragüenses aprendieron y se familiarizaron con la experiencia y las capacidades desarrolladas por Islandia en el sector energético, mientras los expertos Islandeses tuvieron la oportunidad de recopilar información sobre las necesidades reales de Nicaragua en el sector, y en particular en el sub-sector de la geotermia. Aproximadamente treinta (30) personas asistieron al taller, la mayoría de ellas provenientes de instituciones, ministerios y universidades

nicaragüenses, así como de las principales empresas generadoras de energía. También estuvieron presentes expositores en temas de geotermia provenientes desde Islandia, Kenia y El Salvador.

El principal producto del taller fue un Documento de Identificación de Proyecto (DIP), editado por Árni Ragnarsson en agosto. El DIP consistía en un conjunto de pautas para la planificación de un Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia (PFCG), con el apoyo de Islandia. El principal énfasis fue sobre el fortalecimiento de capacidades en el sector público, con el fin de desarrollar la energía geotérmica. Las autoridades de Islandia y Nicaragua aprobaron el DIP.

2007

El PFCG financió la participación de un científico ambientalista de la UCA, Jorge Cisne, en el Programa de Capacitación Geotérmica en la Universidad de las Naciones Unidas (UNU-GTP), en Islandia.

En enero de 2007 empezó la gestión del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional, y se creó el Ministerio de Energía y Minas (MEM), como la institución encargada de planificar, proponer, coordinar y ejecutar el Plan Estratégico y las políticas públicas en los sectores de energía y específicamente los recursos geológicos. Antes de estos cambios, las funciones antes mencionadas eran realizadas por la Empresa Nacional de Electricidad (ENEL). A inicios del año 2007, ya instalado nuevo gobierno, ICEIDA empezó el proceso de elaborar una propuesta de proyecto para el PFCG. El MEM fue conformado en febrero de este año, y asumió todas las funciones de ENEL como la institución encargada de planificar, proponer, coordinar y ejecutar el Plan Estratégico y las políticas públicas en los sectores de energía y específicamente los recursos geológicos. Árni Ragnarsson y Thráinn Fridriksson visitaron Nicaragua en enero/febrero para trabajar con funcionarios del MEM, MARENA y las universidades (UNAN-León, UNAN-Managua, UCA y UNI), para definir las actividades a ser incluidas en el GFCP. En mayo Halldór Ármannsson, Sigurrós Fridriksdóttir y Thóroddur F. Thóroddsson visitaron Nicaragua para trabajar con MARENA en la definición de las actividades dirigidas hacia los aspectos medioambientales de la utilización de recursos geotérmicos. Se acordaron los objetivos generales y las tareas por realizar, y estas fueron introducidas al “Documento Final de Proyecto del PFCG”. La propuesta fue llevada a la práctica de manera conjunta por funcionarios del Departamento de Geotermia del MEM (Ariel Zuñiga y Magdalena Pérez), MARENA (Engracia Merlo y Petrona Gago), la gerente de proyecto de ICEIDA, Gioconda Guevara, y Thráinn Fridriksson, gerente de proyecto por parte de ISOR. Marvin Ortega, experto local en colaboración para el desarrollo, fungió como editor del Documento Final de Proyecto (DFP) del PFCG. Ariel Zuñiga fue gerente de proyecto en representación del MEM durante la preparación del DFP, con Engracia Merlo por el MARENA. Hacia finales de 2007, Ariel Zuñiga fue reemplazado por Magdalena Pérez hacia finales de 2007.

2008

El Documento Final de Proyecto del PFCG (DFP-PFCG) se activó oficialmente al ser confirmado por el Ing. Emilio Rappaccioli, Ministro de Energía y Minas de Nicaragua, y el Sr. Sighvatur Björgvinsson, director de ICEIDA. Una de las primeras acciones que se tomó fue la de formar un Comité de Dirección (CD) y un Comité de Coordinación (CC), así como el establecimiento de las herramientas que se necesitan para el monitoreo de las actividades del proyecto y la administración de los fondos del proyecto.

Se nombró a una coordinadora general, la Sra. Gioconda Guevara, para que representara al PFCG en sus relaciones institucionales y mantuviera abiertos los canales de comunicación entre el ministro del MEM y el director de ICEIDA. La Sra. Guevara también quedó encargada de actuar como coordinadora del proyecto por parte de ICEIDA.

Los primeros miembros del CD fueron la Sra. Lorena Lanza, vice-ministra del MEM, la Sra. Francis María Rodríguez (MINREX), el Sr. Gísli Pálsson, director de ICEIDA, la Sra. Gioconda Guevara, el Sr. Thorgeir Pálsson, y la Sra. Magdalena Pérez, directora de la DDG-MEM y coordinadora del PFCG en el ministerio. En 2009, la Sra. Pérez fue nombrada directora de la DDG-MEM. La coordinadora del Proyecto en el MARENA fue Engracia Merlo. Los primeros miembros del CC fueron las señoras Magdalena Pérez y Gioconda Guevara.

El Sr. Geir Oddson tomó su cargo como embajador para la oficina de ICEIDA en junio de 2008.

La ejecución de los tres componentes del PFCG arrancó en marzo de 2008.

Principales actividades del Componente 1 del PFCG, "Asistencia Técnica".

En la DDG-MEM:

- » Varias consultorías brindadas incluyeron un esfuerzo colaborativo entre el MEM y la Autoridad Nacional de Energía en Islandia para la elaboración de normas para el desarrollo de recursos geotérmicos.
- » Una evaluación de los informes de perforaciones llevadas a cabo en el campo geotérmico de San Jacinto-Tizate.
- » La definición de un papel y la estructura de la DDG-MEM.
- » Una consultoría breve para revisar el Plan Maestro de Geotermia de Nicaragua de 2001.
- » La creación de un video del potencial geotérmico de Nicaragua para fines de inversión, promoción y concientización.

En el MARENA:

- » El MARENA empezó a preparar guías para EIA, con la asistencia de consultores de ISOR, Sres. Halldór Ármannsson (ISOR) y Thoroddur F. Thoroddsson, de la Agencia Islandesa de Ordenamiento Territorial (NPA).
- » MARENA comenzó a establecer medidas para definir un valor sobre áreas protegidas con manifestaciones termales, con el apoyo de consultores Islandeses de ISOR, así como Helgi Jensson y Sigurrós Fridriksdóttir, de la Agencia Islandesa del Medio Ambiente (EAI).
- » La publicación de cinco mil (5,000) folletos sobre la EIA y un mil (1,000) afiches sobre el proceso de EIA en Nicaragua, por parte de MARENA fueron financiados como parte de la labor de concientización sobre y promoción de las leyes ambientales del país.

Principales actividades del Componente 2 del PFCG, "Capacitación y Fortalecimiento de Capacidades"

- » Los seminarios y los talleres para técnicos del MEM y del MARENA (oficinas centrales y territoriales), UNAN-León, empresas privadas (Polaris, ORMAT y GeoNica), así como de las unidades ambientales de los municipios con potencial geotérmico. Los seminarios fueron

impartidos por expertos de ISOR, la Dirección de Geotermia del Instituto Mexicano de Investigación Eléctrica (IEE) y consultores de Costa Rica. Los temas abarcaron la ingeniería de reservorios, geoquímica y mecanismos de desarrollo limpio. Participaron aproximadamente ochenta (80) profesionales provenientes de los entes públicos y privados antes mencionados más arriba.

- » Hubo un intercambio de experiencias con expertos de LaGeo, durante un taller de una semana duración celebrado en El Salvador, sobre los aspectos ambientales del desarrollo geotérmico. Veinte y cinco (25) personas de los diferentes entes nicaragüenses participaron en esta capacitación, la que fue impartida en las instalaciones de LaGeo en San Salvador y en visitas a los campos geotérmicos en El Salvador.
- » Asimismo, se realizó un taller de capacitación sobre análisis y gestión de datos en Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- » Varios miembros del personal del MEM recibieron clases de inglés.
- » ICEIDA financió la participación de una ingeniera química de la DDG-MEM en el Programa de Capacitación Geotérmica de la Universidad de las Naciones Unidas en Islandia.

Principales actividades del Componente 3 del PFCG, “Infraestructura y Equipo”

- » Se dio inicio a la construcción e instalación del Laboratorio de Geoquímica y Geotermia de la DDG-MEM, incluyendo equipo de primera línea para la realización de análisis químico de fluidos geotérmicos y aguas naturales, como son cromatógrafos, espectrofotómetros y tituladores, así como el equipo que se necesita para tomar muestras geotérmicas en el campo.
- » Además, se proveyó de un microscopio para petrografía, un estereoscopio, un compás y un GPS para el LGG y el DIG-MEM.

2009

En febrero de 2009 el GOI decidió cerrar la oficina de ICEIDA en Nicaragua, debido a los efectos adversos de la crisis financiera sobre la economía de Islandia. El Sr. Gísli Pálsson volvió a su puesto como representante de ICEIDA en el Comité de Dirección, y Gioconda Guevara fue nombrada coordinadora del Proyecto por ICEIDA, trabajando desde una oficina en la Embajada de Finlandia en Managua.

Principales actividades del Componente 1, “Asistencia Técnica”

- » Se celebraron una serie de seminarios relacionados con la evaluación, revisión y el monitoreo de los estudios de exploración realizados en los diferentes campos geotérmicos y proyectos en Nicaragua, abarcando temáticas en geología, geoquímica y geofísica. El personal de la UNAN-León, AMICTLAN (ONG/municipalidades) y Polaris (concesionario privado) fue invitado a participar con el personal del MEM en la capacitación de campo.
- » Hubo asistencia técnica al DIG-MEM para la evaluación de los datos de perforación e ingeniería de reservorios.
- » Se brindó asistencia técnica al DIG-MEM y acompañamiento al realizar estudios de exploración geotérmica en áreas de alta entalpía.

- » Se prestó una atención especial a la asistencia técnica para la calibración del Laboratorio del MEM, dando inicio a procesos de análisis geoquímicos y métodos para el muestreo de agua y gas. Un experto de ISOR impartió un curso para personal del MEM, junto con un experto de LaGeo. [h5]
- » MARENA empezó la elaboración de pautas generales para las EIA, con asistencia técnica de la NPA de Islandia.
- » Finalmente, se realizó un taller de capacitación sobre la evaluación del valor ambiental de sitios y la clasificación de áreas protegidas para la elaboración de planes de manejo. El taller fue impartido por un experto de la Agencia Islandesa del Medio Ambiente (EAI), quien, trabajando en conjunto con técnicos del MARENA, identificó y estableció las actividades prioritarias a ser llevadas a cabo por el ministerio en 2010.

Principales actividades del Componente 2, “Capacitación y Fortalecimiento de Capacidades”.

- » Se llevaron a cabo seminarios y talleres sobre los siguientes temas: análisis petrográfico, análisis y gestión de datos, perforación de pozos geotérmicos e ingeniería de reservorios.
- » Se realizó un seminario sobre evaluación de impacto ambiental (EIA), impartido por los Sres. Thoroddur F. Thoroddsson, de la Agencia Islandesa de Ordenamiento Territorial (NPA) y Halldór Ármannsson (ISOR).
- » Continuó la capacitación en GIS con el equipo del DIG-MEM.
- » Se realizó un curso de capacitación teórico-práctico con dos semanas de duración en México. Participaron tres miembros del personal de la DDG-MEM, así como una persona de la UNAN-León. El tema tratado fue la geoquímica analítica. El seminario fue impartido por expertos de la Dirección de Geotermia del Instituto Mexicano para Estudios Eléctricos (IEE), y consistió de clases tanto teóricas como prácticas en el campo geotérmico de Los Azufres.
- » Miembros del personal del MEM siguieron recibiendo clases de inglés.
- » ICEIDA financió la participación de una geóloga en el Programa de Capacitación Geotérmica de la Universidad de las Naciones Unidas en Islandia.
- » Hubo una visita de una semana duración de cinco (5) especialistas nicaragüenses a Islandia (3 del MEM y 2 del MARENA). Durante esta visita tuvieron la oportunidad de visitar campos geotérmicos y varias instituciones que trabajan con temas ambientales y el desarrollo de proyectos geotérmicos en Islandia.

Principales actividades del Componente 3, “Infraestructura y Equipo”

- » Concluyó la construcción del Laboratorio de Geoquímica y Geotermia del MEM. Esto incluyó la adquisición e instalación de equipo de laboratorio, como un cromatógrafo de gas, un cromatógrafo de iones, y un espectrofotómetro de absorción atómica, así como accesorios menores, como básculas, cristalería y reactivos. El equipo ha sido calibrado y ya empezó la validación metodológica para el análisis de las muestras en el laboratorio.
- » Se capacitaron a los técnicos del LGG del MEM.

Según el Documento Final del Proyecto, estaba programada una Evaluación Externa de Mitad de Periodo para finales de 2009. Luego el Comité de Dirección (CD) decidió adelantar la evaluación para el segundo trimestre del año. Se contrató a un consultor salvadoreño de la firma Epsilon 3 Consulting, José Antonio Rodríguez, quien tiene una amplia experiencia en desarrollo geotérmico y un profundo conocimiento del sector energético en Nicaragua. La Evaluación Externa de Mitad de Periodo valoró los avances logrados e identificó las dificultades encontradas durante la ejecución del PFCG, con el propósito de actualizar el plan de proyecto.

Después de la Evaluación, el CD decidió modificar el PFCG para mejorar la eficiencia de su ejecución y la efectividad general del proyecto. Asimismo, añadió una representante de MARENA al CD y al CC. En la reunión del CD el día 3 de diciembre, Thorleifur Finnsson, asesor de ICEIDA, asumió un puesto en el Comité en representación de ICEIDA.

2010

En enero hubo un cambio en la gerencia del proyecto, ya que Magdalena Pérez dejó la DDG-MEM y Mario González asumió la posición de director y coordinador del Proyecto en representación del MEM. La Sra. Engracia Merlo se sumó al CC y también pasó a ser la representante del MARENA en el CD.

Principales actividades del Componente 1, "Asistencia Técnica"

En la DDG-MEM:

- » Asistencia técnica y capacitación del personal de la DDG-MEM en la interpretación y evaluación de los datos existentes sobre la exploración de los campos geotérmicos, así como la interpretación de los datos provenientes de la exploración en aquellas áreas en las que se han otorgado concesiones (geología, geoquímica y geofísica).
- » Asistencia técnica para la evaluación de los datos recopilados de las perforaciones de pozos geotérmicos y la ingeniería de reservorios.
- » Asistencia técnica y acompañamiento continuado para el DIG-MEM en la realización de investigaciones geotérmicas exploratorias en áreas de alta y baja entalpía, por medio de una serie de visitas de campo para capacitación in situ.
- » La instalación y puesta en marcha de un Sistema de Gestión de Datos. Para tal fin, se adquirió e instaló un servidor de alta capacidad en el DIG-MEM, incluyendo el software requerido para el diseño, la instalación y la gestión de la base de datos con toda la información disponible, incluyendo los datos de las diferentes áreas en que hay exploración y operación geotérmica en Nicaragua. Expertos islandeses trabajaron de la mano con técnicos nicaragüenses en el diseño y establecimiento del sistema.
- » Se brindó una atención especial a la continuidad de la asistencia técnica para calibrar el equipo de laboratorio y empezar el funcionamiento del sistema de validación de procesos y métodos de análisis geoquímico de muestras de agua y gas.
- » Se dio inicio al proceso de acreditación del Laboratorio del MEM, con la participación de expertos de ISOR y LaGeo de El Salvador.

- » ICEIDA financió la participación de una geóloga en el Programa de Capacitación Geotérmica de la Universidad de las Naciones Unidas en Islandia.

En el MARENA:

- » La asistencia técnica consistió principalmente del inicio de un extensivo estudio titulado “Fragmentación de bosques en áreas protegidas dentro de zonas de concesiones geotérmicas”, el que incluye mapas que muestran el estado de conservación de los bosques ubicados dentro de las áreas protegidas y que tienen un potencial geotérmico.
- » Se continuó con el trabajo de preparación de los TdR para EIA casos de exploración y explotación geotérmica.
- » Se celebraron cuatro (4) talleres sobre legislación ambiental para el personal de las delegaciones territoriales del MARENA, así como las unidades ambientales en las oficinas de los alcaldes en cuyas municipalidades hay proyectos geotérmicos. Los talleres tuvieron lugar en diferentes ciudades de Nicaragua, con una participación total de más de 300 personas.

Principales actividades del Componente 2, “Capacitación y Fortalecimiento de Capacidades”

El objetivo principal fue el de capacitar al personal en las instituciones gubernamentales que están encargadas del monitoreo y el seguimiento a los proyectos geotérmicos.

- » Se llevaron a cabo seminarios y talleres sobre los siguientes temas: geología de pozos geotérmicos; métodos geofísicos utilizados en la explotación geotérmica; geoquímica de los métodos geotérmicos; análisis y gestión de bases de datos; análisis de riesgo; y atención personalizada empresarial. Cuarenta profesionales tanto del sector público como del sector privado participaron en estos cursos y seminarios.
- » Varios miembros del personal del MEM siguieron con sus clases de idioma inglés.
- » Se realizó un seminario titulado “Situación actual y futura con relación a la energía geotérmica en Nicaragua”, con la participación de personal de los principales concesionarios de proyectos geotérmicos en Nicaragua y del MEM.

Principales actividades del Componente 3, “Infraestructura y Equipo”

Continuó la adquisición de equipo para el LGG, para que en este se puedan llevar a cabo todos los análisis geoquímicos necesarios para el desarrollo geotérmico y su monitoreo. Asimismo, se avanzó con la capacitación del personal, para que puedan realizar los análisis requeridos.

2011

Para garantizar que se cumplieran con éxito los objetivos del Componente 1 “Asistencia Técnica” y del Componente 2 “Capacitación y Fortalecimiento de Capacidades”, se tomó la decisión de realizar de forma conjunta la asistencia técnica y la capacitación.

Principales actividades realizadas con MEM:

- » Asistencia técnica y capacitación en la interpretación y evaluación de los datos recopilados con anterioridad concerniente a la producción de datos químicos sobre los campos geotérmicos.

- » Un curso práctico para la interpretación de datos geoquímicos.
- » Una capacitación en el diseño y eficiencia de turbinas.
- » Capacitación de campo para la unidad de investigación de la Dirección de Geotermia del MEM por medio de viajes de campo, con el propósito de realizar exploraciones geológicas y geoquímicas en áreas de baja entalpía.
- » Capacitación en petrografía geotérmica en el laboratorio de LaGeo en El Salvador.
- » Asistencia técnica y capacitación para la evaluación e interpretación de datos obtenidos de las perforaciones de pozos geotérmicos y la ingeniería de reservorios.
- » Continuó el trabajo en el diseño y la capacitación en el uso de Sistema de Gestión de Datos, que fue instalado durante el año 2010, con el fin de almacenar y gestionar toda la información y los datos recopilados en las áreas geotérmicas que se están explorando y explotando en el país.
- » Continuó el proceso de validación de los análisis químicos y la acreditación del LGG, con la asistencia de la empresa geotérmica salvadoreña LaGeo.
- » Un ingeniero ambiental de la UGA-MEM participó del Programa de Capacitación Geotérmica de la Universidad de las Naciones Unidas en Islandia.
- » Se contrató a un consultor para que asistiera en la redacción de un Plan de Negocios para el Laboratorio de Geoquímica y Geotermia del MEM, con el propósito de suministrar las pautas necesarias que garanticen la sostenibilidad del Laboratorio en el tiempo y su operación como una unidad de negocios competitiva.
- » Se retiró el Laboratorio de Geoquímica de la DDG-MEM.
- » El MEM envió un miembro de su UGA al Programa de Capacitación Geotérmica de la Universidad de las Naciones Unidas en Islandia.

Principales actividades realizadas con el MARENA:

- » Se terminó el estudio titulado “Estado de la Fragmentación de Bosques en Áreas Protegidas con Potencial Geotérmico”. Incluye un atlas de mapas y un análisis utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) que muestra la situación referente a la conservación de bosques en cada una de las once (11) áreas en las que se ha ubicado un potencial geotérmico de alta temperatura, según el Plan Maestro de Geotermia para Nicaragua (2011).
- » Asimismo, continuó el trabajo de preparación de los TdR para EIA en casos de exploración y explotación geotérmica.
- » Se redactaron pautas para señalar el proceso de adquisición de concesiones a los desarrolladores privados de campos geotérmicos.

EL PFCG también brindó apoyo para un módulo sobre “Uso de la energía geotérmica”, que impartieron en la UNAN-León dos (2) expertos islandeses. Este módulo formó parte de un currículo sobre energía renovable para estudiantes de maestría, con apoyo de la Agencia Española para la Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID).

Se concluyó la etapa de adquisiciones para el tercer componente del PFCG, “Infraestructura y Equipo”, con la compra de todo el equipo necesario para el funcionamiento adecuado del Laboratorio del MEM. Continuó la capacitación del personal y se dio inicio al proceso de acreditación.

2012

En 2012 el Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Geotermia (PFCG), financiado por ICEIDA en Nicaragua, concluyó su etapa de ejecución de acuerdo con un plan de cinco (5) años duración, como se refleja en el Documento de Proyecto del PFCG (2008). Por lo tanto, este fue el último año para la ejecución de las actividades descritas en el Plan de Trabajo. Dichas actividades se realizaron según lo programado, en colaboración con el Ministerio de Energía y Minas (MEM) y el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), y según el ya mencionado Documento de Proyecto.

Con el fin de asegurar que durante este año final se cumpliera e incluso fortaleciera el principal objetivo del Proyecto, que era el de aumentar y mejorar el uso de los recursos geotérmicos en Nicaragua al fortalecer las capacidades de las instituciones gubernamentales que juegan un papel en su desarrollo. Las principales actividades en el 2012 fueron la consolidación y el fortalecimiento de las actividades del Componente 2 (“Capacitación y Fortalecimiento de Capacidades”).

Las actividades realizadas con el MEM fueron las siguientes:

- » Asistencia técnica y capacitación en la interpretación y evaluación de la producción histórica y los datos químicos para el campo de pozos Momotombo.
- » Un curso práctico para la interpretación de datos geoquímicos en los diferentes reservorios bajo explotación en Nicaragua.
- » Capacitación *in situ* para personal de la Departamento de Investigación Geotérmica (MEM) por medio de visitas de campo, con el propósito de realizar exploraciones geológicas y geoquímicas en áreas de baja entalpía.
- » Continuó el trabajo en el diseño, la capacitación y el uso de Sistema de Gestión de Datos que se instaló durante el año 2011, con el fin de almacenar y gestionar toda la información y los datos recopilados en las áreas geotérmicas que se están explorando y explotando en el país.
- » Empezó el proceso de acreditación del Laboratorio de Geoquímica y Geotermia en la organización Nacional de Acreditación.
- » El MEM envió a una persona del equipo del LGG al Programa de Capacitación Geotérmica de la Universidad de las Naciones Unidas en Islandia.

Las actividades realizadas con el MARENA fueron las siguientes:

- » Se editó y publicó el estudio de once (11) volúmenes titulado “Estado de la Fragmentación de Bosques en Áreas Protegidas con Potencial Geotérmico”. Incluye un atlas de mapas y un análisis utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) que muestra la situación referente a la conservación de bosques en cada una de las diez (10) áreas ubicadas en la cordillera de los Maribios en el Pacífico de Nicaragua, y en las que se ha determinado que hay un potencial geotérmico según el Plan Maestro de Geotermia para Nicaragua (2011).

- » Publicación de una Guía de Procedimientos para Desarrolladores de Proyectos Geotérmicos, incluyendo la normalización de los Términos de Referencia (TdR) para las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA). Estos son ahora oficiales y el cumplimiento con estos procedimientos es obligatorio para poder ser elegible para el otorgamiento de concesiones que permiten la exploración y explotación de los recursos geotérmicos.
- » Continuó el trabajo en la preparación de las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON) para el desarrollo de proyectos geotérmicos. El personal del MEM y de MARENA trabajaron la propuesta. Durante el año 2013 se hará un esfuerzo para alcanzar un consenso con los desarrolladores privados. Ambos ministerios están trabajando en un proceso cuya meta es que se adopten los NTON y se publiquen el mismo año, con lo cual quedarán oficializadas.

Como parte de su componente de asistencia técnica, la cooperación siguió con un programa de maestría energía renovable que ofrece la UNAN-León. Un experto islandés preparó e impartió un módulo sobre “Usos de la energía geotérmica”. El programa de maestría fue financiado principalmente por la Agencia Española para la Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID).

El componente 3 del Proyecto, titulado “Infraestructura y Equipo” concluyó exitosamente en el año 2009 con la adquisición de todo el equipo necesario para el funcionamiento adecuado del Laboratorio. Las actividades de monitoreo son llevadas a cabo por la Dirección de Geotermia del MEM.

En el mes de noviembre tuvo lugar la Evaluación Final de PFCG. Un equipo de consultores y expertos islandeses fueron contratados por la sede de ICEIDA en Reikiavik y visitó a Nicaragua con el propósito de realizar una investigación *in situ*. El Informe Final se terminó de redactar en junio de 2013.

ANEXO II: LISTA DE VISITAS Y ENTREVISTAS REALIZADAS POR EL EQUIPO DE LA EFE

Sigue una descripción de las visitas realizadas y las entrevistas que sostuvo el equipo de la EFE durante el periodo de elaboración del presente Informe.

ICEIDA-Nicaragua: Gioconda Guevara

MEM: Sra. Lorena Lanzas, vice-ministra; Mario González, Luís Molina, Ernesto Ramón Martínez, Francisco Ruiz, Juana Ruiz, Roberta Quintero; Azucena del Carmen Espinales Martínez e Isaura Porras Cruz.

MARENA: Sr. Roberto Araquistain, vice-ministro; Luis Fiallos P., Engracia Merlo, Petrona Gago, Liliana Díaz.

MINREX: Francis Rodríguez, Elieth Blandford Archibold.

UNAN-LEÓN: Leonardo Mendoza, Jorge Cisne, Maritza Vargas.

POLARIS: José Antonio Rodríguez, Magdalena Pérez.

GEONICA: Víctor Valencia, Guillermo Chávez.

ICEIDA – Iceland: Engilbert Guðmundsson, Sighvatur Björgvinsson, Gísli Pálsson, Geir Oddsson.

ICEIDA (asesores): Þorkell Helgason, Þorleifur Finnsson.

ISOR: Þráinn Friðriksson, Benedikt Steingrímsson, Halldór Ármannsson, Sigurdur Gardar Kristinsson. El EEFE no tuvo la oportunidad de entrevistar a la Sra. Ana María González y al Sr. Roberto Renderos, ambos de El Salvador, debido a las vacaciones de fin de año.

Agencia Islandesa de Ordenamiento Territorial: Þóroddur F. Þóroddsson.

Agencia Islandesa del Medio Ambiente: Helgi Jensson, Sigurrós Friðriksdóttir.

ANEXO III: CUADRO SINTÉTICO DE LAS ESTIMACIONES DE LA CANTIDAD DE RECURSOS GEOTÉRMICOS EN NICARAGUA Y LA ESTRATEGIA DE DESARROLLO PROPUESTA

A continuación se presenta información pertinente al desarrollo geotérmico en Nicaragua, incluyendo información sobre estimaciones de la cantidad de recursos disponibles así como estrategias para el desarrollo.

TERMINOLOGÍA

La terminología empleada por el Servicio Geológico de los EE.UU., según aparece en los *Mineral Commodity Summaries* (2011, pp. 193-195) es considerado tanto conciso como útil para cualquier estudio de recursos bajo la superficie y su explotación. Esta terminología fue desarrollada específicamente para recursos minerales, pero es igualmente útil para la energía geotérmica (véase Tabla III.1, abajo). Para los expertos, gerentes y los gobiernos, la terminología del USGS es superior a la que hasta la fecha viene utilizando la industria geotérmica. Por ejemplo: ¿qué significa exactamente ‘potencial geotérmico’? ¿Cómo se debe entender la cifra potencial de 1200 MW_e? Si se sabe que hay manifestaciones geotérmicas dentro de un área volcánicamente activa, ¿podemos estar seguros que hay un reservorio de alta entalpía? La terminología debe reflejar hasta qué grado las declaraciones se basan en datos (hechos concretos).

Tabla III.1 Definición de terminología que describe el nivel de certidumbre acerca del tamaño y calificación de depósitos específicos de recursos en la subsuperficie. Tomado del Servicio Geológico de los EE. UU., *Mineral Commodity Summaries* (2011), pp. 193-195 (a).

TÉRMINO	
Recursos no descubiertos (b)	Recursos cuya existencia solamente están postulados. Incluye depósitos que están separados de los recursos identificados. Recursos no descubiertos pueden ser postulados en depósitos de tal calidad y ubicación física que resultan ser económicas, marginalmente económicas, o subeconómicas. Para reflejar los distintos grados de certeza geológica, los recursos no descubiertos se pueden dividir en dos grupos: recursos hipotéticos y especulativos.
Recursos hipotéticos	Recursos no descubiertos que son similares a cuerpos de minerales conocidos y que razonablemente se puede esperar que existan en el mismo distrito o región productiva bajo condiciones geológicas análogas. Si los trabajos de exploración confirman su existencia y revelan suficiente información acerca de su calidad, clasificación y cantidad, serán reclasificados como recursos identificados.
Recursos especulativos	Recursos no descubiertos que pueden ocurrir ya sea en tipos conocidos de depósitos dentro de entornos geológicos favorables en los que los descubrimientos minerales no se han realizado, o aún en tipos de depósitos cuyo potencial económico todavía no se ha reconocido. Si la exploración confirma su existencia y revela suficiente información sobre su calidad, clasificación y cantidad, serán reclasificados como recursos identificados.

Recursos identificados (c)	Recursos cuya ubicación, calidad, calificación y cantidad se conocen o pueden calcular con base en la evidencia geológica. Los recursos identificados incluyen componentes económicos, marginalmente económicos, o subeconómicos. Para reflejar los distintos grados de certeza geológica, estas clasificaciones económicas se pueden dividir en tres grupos: recursos medidos, indicados e inferidos.
Comprobados – medidos	La cantidad existente se calcula con base en las dimensiones reveladas en los afloramientos, calicatas, labores o perforaciones. El grade y/o calidad se calculan con base en los resultados de un muestreo detallado. Los sitios para las inspecciones, el muestreo y las mediciones se espacian de manera tan cercana entre sí, y las características geológicas se definen con tanta exactitud, que el tamaño, la forma, la profundidad y el contenido de minerales del recurso quedan bien establecidos.
Demostrados – indicados	La cantidad y la clasificación y/o calidad se calculan haciendo uso de información similar a la que se utiliza para los recursos medidos, con la diferencia que los sitios para las inspecciones, el muestreo y las mediciones no se espacian de manera tan cercana entre sí o son espaciados de forma menos adecuada. Aunque el grado de aseguramiento es inferior al de los recursos medidos, es suficientemente alto para que se pueda suponer la continuidad entre los puntos de observación.
Demostrados – inferidos	Los cálculos se basan en una presunción de continuidad más allá de recursos medidos y/o indicados para los que hay evidencia geológica. Los recursos inferidos pueden o no ser respaldados por muestras o mediciones.
Reserva base	Aquella parte de un recurso identificado que satisface los mínimos criterios físicos y químicos especificados relacionados con las prácticas actuales de minería y producción, incluyendo los de clasificación, calidad, espesor y profundidad. La reserva base es el recurso in situ demostrado (medido más indicado) con base en el cual se calculan la reservas. Puede abarcar aquellas partes de los recursos que tienen un potencial razonable para volverse económicamente disponibles dentro de horizontes de planificación más allá de aquellos que suponen una tecnología comprobada y economías actuales. La reserva base incluye aquellos recursos que actualmente son económicos (reservas), marginalmente económicos (reservas marginales), y algunas que actualmente son subeconómicas (recursos subeconómicos). Por lo general, otros han utilizado el término “reserva geológica” para significar a la categoría reserva base, pero puede también incluir la categoría reserva base inferida, y por lo tanto no forma parte de este sistema de clasificación.
Reserva	Es la parte de la reserva base que se podría extraer o hacer producir de manera económica al momento de hacer la determinación. El término “reservas” no necesariamente significa que las instalaciones de extracción estén en lugar y operativas. Las reservas incluyen solamente materiales recuperables. Por lo

tanto, términos tales como “reservas extraíbles” y “reservas recuperables” son redundantes y no forman parte de este sistema de clasificación.

(a) Las definiciones que brinda el USGS son en realidad más detalladas de lo que se ofrece en la Tabla III., más abajo. Estas son, sin embargo, adecuadas para el propósito de este informe. (b) Recursos no descubiertos son divididos en dos clases, hipotéticos y especulativos, dependiendo del grado de certidumbre geológica. (c) Recursos identificados normalmente se dividen en tres clases, a saber: medidos, indicados e inferidos. 'Reserva' es un término equivalente a “recurso demostrado”.

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO GEOTÉRMICO

El cálculo del tamaño del recurso en 1,200 MW_e debe ser clasificado como un estimado de los recursos geotérmicos todavía no descubiertos, según la terminología del USGS (véase Tabla III.2, arriba). La estrategia de desarrollo que se describe más abajo tiene como propósito identificar si existe o no un reservorio con temperaturas suficientemente altas, permeabilidad y un fluido benigno que se pueda explotar de manera económica.

La metodología para el desarrollo de recursos geotérmicos y la clave para el éxito se fundamentan en una recopilación sistemática de los datos sobre cualquier campo geotérmico prospectivo y una interpretación especializada (no rutinaria) de estos datos. El trabajo de desarrollo se divide en cuatro etapas principales, y los resultados de la etapa anterior forman la base para poder determinar si se avanza o no a la siguiente etapa. Estas etapas son:

- » Exploración de la superficie – (Anomalía)
- » Perforaciones de exploración – (Depósito indicado)
- » Perforaciones de pozos de avanzada – (Depósito demostrado)
- » Perforaciones de pozos exploratorio para cuantificar las características de un campo de pozos – (Depósito económicamente viable).

Los términos entre paréntesis son los que comúnmente se utilizan en la industria minera.

Es aconsejable desarrollar los campos geotérmicos por pasos, al construir una planta generadora relativamente pequeña y aumentarla en una fecha posterior, o construir otra nueva con base en los resultados de los estudios de monitoreo del reservorio que muestran como el reservorio ha respondido a la carga de producción. La explotación plena de un campo geotérmico particular puede tomar hasta diez (10) años, o más, según su tamaño. El método señalado tiene también la ventaja de que las partes que participan en el desarrollo (geocientíficos, ingenieros, gerentes, políticos) pueden visualizar fácilmente y en todo momento en cual etapa de desarrollo se encuentra el proyecto.

La primera etapa en el desarrollo de un campo geotérmico es el de exploración de la superficie:

- » mapeo geológico;
- » muestreo y análisis de los fluidos geotérmicos;
- » levantamientos de resistividad y (a veces)
- » levantamientos geofísicos adicionales y
- » estudios de balance hidrológico.

Los resultados de la exploración de la superficie forman la base para tomar la decisión de proceder con la perforación exploratoria o, si se considera que los resultados fueron negativos, detener el proyecto. La ubicación del primer o de los primeros pozos de prueba deben ser utilizados para revisar, según sea necesario: a) la interpretación de los datos de la exploración de superficie, pero también para b) establecer la ubicación de los nuevos pozos y, de ser el caso, revisar su diseño (diámetro, profundidad, etc.). Se debe considerar exitoso un pozo de exploración si las temperaturas son lo suficiente altas, la permeabilidad es satisfactoria, el fluido tiene una composición química aceptable y el rendimiento de vapor es de entre 8 a 10 kg/s (4-5 MW_e).

Si luego de la perforación de uno o más pozos de exploración se considera que el resultado no es satisfactorio, existen dos opciones: a) detener el proyecto o perforar más pozos exploratorios en diferente(s) sector(es) del campo geotérmico. Si, por otra parte, los pozos de exploración son exitosos, la siguiente etapa es la perforación de pozos de avanzada en la cercanía de los pozos exitosos, con el propósito de explorar el tamaño de la "anomalía" geotérmica favorable descubierta a través de las perforaciones exploratorias. No hay reglas fijas acerca de la distancia a la que se deben perforar los pozos de avanzada de un pozo de exploración, pero es común una distancia de entre 1 y 2 kilómetros. Al definir un prospectivo campo de pozos por medio de pozos de avanzada, las perforaciones subsiguientes se deben hacer dentro del perímetro del campo de pozos prospectivo (también conocido como campo de producción), con el fin de cuantificar las características productivas del reservorio subyacente.

A menudo los planes de perforación exploratoria inicial consideran la perforación de entre 2 y 4 pozos. Puede ser costoso perforar un único pozo, al menos si es necesario transportar el carro perforador desde una distancia considerable, se requiere de la construcción de un camino de acceso al campo de pozos prospectivo, hace falta tubería para transportar el agua para las perforaciones y además se debe realizar un estudio de impacto ambiental. Al perforar más de un pozo en un paso (preparar dos o más plataformas de perforación desde el inicio), significa que los 2 o 3 pozos de deben ser perforados antes de que se puedan hacer uso de los resultados de las perforaciones para la ubicación de un nuevo pozo.

Si como resultado de la interpretación de los datos recabados de la exploración de la superficie la confianza en un campo geotérmico es limitada, puede que se justifique la perforación de agujeros de diámetros pequeños y relativamente someros. De no ser así, todos los pozos deben ser diseñados como pozos de producción y en tal caso el propósito de la perforación de cada pozo es comprobar que hay vapor. La cantidad de vapor que es necesario encontrar antes de llevar a cabo un estudio de prefactibilidad sobre las perspectivas económicas del sitio puede variar, pero de este resultado dependerá la decisión acerca de si construir o no una planta generadora. A veces es suficiente con un 50% de vapor comprobado, en otras ocasiones se necesita hasta un 80%.

Una vez tomada la decisión de construir una planta generadora, las perforaciones continúan hasta que se comprueba la existencia de suficiente vapor. Es común comprobar un exceso de un 10%, o un exceso que sea igual al del mejor pozo de producción. Esto es necesario porque es de esperar que el flujo de vapor de los pozos se reduzca a través del tiempo, especialmente durante el período temprano del historial de producción.

Los reservorios geotérmicos son, en efecto, una anomalía termal en la corteza de la tierra a una cierta profundidad. Por lo tanto es de esperar que la producción en exceso de la pérdida natural de calor

aumente la recarga de agua subterránea más fría al reservorio. Los estudios de monitoreo más importantes incluyen la medición del declive en la presión en los pozos de monitoreo, un descenso en la producción de vapor en los pozos, y cambios en el químico del fluido. En particular, los componentes químicos móviles, como el cloruro, son útiles en este respecto. Las concentraciones de cloruro son muy bajas en el agua subterránea, pero altas en aguas geotermales. Por lo tanto, un descenso en las concentraciones de cloruro en las descargas de los pozos es una indicación de que existe una recarga de agua fría en el campo geotérmico. A largo plazo, tal recarga puede causar un considerable enfriamiento del reservorio, pero al inicio las aguas de la recarga más bien aumentarán de temperatura al correr entre las rocas calientes del reservorio antes de entrar a los pozos.

Un declive en la producción de vapor en los pozos significa que se deben perforar pozos de compensación. Es muy importante tener un campo de pozos probado en anticipación de la posible necesidad de perforar pozos de compensación a futuro, con una clara idea de dónde éstos podrían estar ubicados. Para ahorrar al máximo los costos de posibles perforaciones, siempre se debe considerar el uso de los pozos que menos producen como posibles pozos de inyección. Su inyectividad puede no ser buena al inicio, pero podría mejorar con el tiempo a medida que las rocas se contraen como consecuencia del enfriamiento.

Tabla III.2 División de proyectos de geotermia en etapas

ETAPA	ACCIÓN	POSIBLE RESULTADO
1	exploración geotérmica	indicación de reservorio
2	perforaciones exploratorias	reserva inferida
3	perforación de pozos de avanzada	reserva base
4	perforación de pozos de valoración	reserva
5	diseño preliminar y estudio de factibilidad	
6	decisión de construir una planta geotérmica	

La tercera columna en esta tabla hace referencia a situaciones de éxito.

Por sí solas las perforaciones y pruebas de flujo no brindan suficiente información para poder caracterizar un reservorio geotérmico. Más bien se necesitan de varias pruebas, como se resume en la Tabla III.3.

Tabla III.3. Prueba de pozos y otras mediciones en pozos

	MEDICIONES/RECOPIACIÓN DE DATOS	RESULTADO
1	<i>Pérdidas de circulación durante las perforaciones</i>	Posibles acuíferos
2	<i>Testigos de perforación</i>	Porosidad de las rocas
3	<i>Pruebas de terminación</i>	Permeabilidad, profundidad de los posibles acuíferos
4	<i>Registro de las temperaturas durante el calentamiento</i>	A acuíferos, temperaturas a las diferentes profundidades
5	<i>Registro de la presión durante la recuperación</i>	Acuíferos en un pozo conectado a la formación
6	<i>Pruebas de flujo</i>	Flujo de vapor, entalpía de la descarga
7	<i>Muestras de agua y vapor</i>	Acuíferos productivos, escamación, corrosión
8	<i>Estudio de la litología</i>	Sección litológica
9	<i>Alteración hidrotermal</i>	Temperaturas de formación, historial del sistema geotérmico

Durante las perforaciones es importante tomar testigos a intervalos regulares, con el fin de determinar la porosidad de las rocas y, por lo tanto, la cantidad de agua almacenada en un volumen específico de las mismas. Asimismo, es valioso reportar las pérdidas de circulación durante las perforaciones. Véase Tabla III.3 para un resumen de otros datos pertinentes sobre los pozos que se deben recopilar durante la perforación y después de terminados los pozos.

Cuando se ha delineado un campo de pozos potencial al perforar pozos de avanzada y luego de haber comprobado su existencia por medio de la perforación y las pruebas extraídas de los pozos exploratorios, se debe llegar a una cifra que indique la cantidad de fluido almacenado en el reservorio bajo el campo de pozos. Es normal suponer que se debe comprobar la existencia de un campo de 1 km² para obtener 15 MW_e de generación de energía (Para generar 1 MW_e desde vapor geotérmico utilizando turbinas de condensación requiere de un flujo de vapor de 1.8-2.0 kg/s). Si se supone que la porosidad es de un 10%, la temperatura del reservorio promedia 250°C y que el grosor del reservorio es de 1.5 km, la cantidad de fluido debajo de cada kilómetro cuadrado del campo de pozo será suficiente para producir 15 MW_e por un período de 24 años. Para una porosidad de un 10% y una temperatura de 250°C, la cantidad de calor almacenado en las rocas del reservorio es de ~ 85% del total en el reservorio, con un 15% en la roca. Si la temperatura del reservorio es de 300°C, el periodo correspondiente sería de 35 años. Es difícil predecir qué cantidad del calor que contiene la roca es aprovechable. Si se estima que

entre un 25% y un 50%, entonces cada kilómetro cuadrado (km^2) de campo de pozo permanecería productivo por 51 y 78 años, respectivamente.

ANEXO IV. LISTA DE BECADOS POR EL PFCG, AÑO Y TRABAJOS REALIZADOS EN LA UNU-GTP

Tabla 4.1 Becados que cursaron el Programa de Capacitación Geotérmica en la Universidad de las Naciones Unidas (UNU-GTP), en Islandia, con apoyo de ICEIDA

PERSONA E INSTITUCIÓN	AÑO	NOMBRE DEL INFORME
Jorge Cisne UNAN-León	2006	Muestreo y análisis del vapor geotérmico y de las aplicaciones con uso de geotermómetro en Krafla, Theistareykir, Reykjanes y Svartsengi, Islandia. http://www.os.is/gogn/unu-gtp-report/UNU-GTP-2006-09.pdf
Irene Chow UGA	2007	Modelación Gaussiana de la dispersión de sulfuro de hidrógeno en la planta generadora de Hellisheidi, Islandia. http://www.os.is/gogn/unu-gtp-report/UNU-GTP-2007-05.pdf
Francisco Ruíz MEM geotermia	2008	Interpretación geoquímica de los datos químicos del complejo Masaya-Granada-Nandaime, Nicaragua. http://www.os.is/gogn/unu-gtp-report/UNU-GTP-2008-26.pdf
Juana Ruíz MEM geotermia	2009	Revaloración de la capacidad productivo de dos campos geotérmicos en Nicaragua. http://www.os.is/gogn/unu-gtp-report/UNU-GTP-2009-24.pdf
Roberta Quintero MEM geotermia	2010	Geología del pozo de sondeo SJ9-2 en el campo geotérmico de San Jacinto - Tizate, NO-Nicaragua. http://www.os.is/gogn/unu-gtp-report/UNU-GTP-2010-27.pdf
Manuel Vanegas UNAN-León	2010	Valoración química de los prospectos de agua para aplicaciones directas en Nicaragua. http://www.os.is/gogn/unu-gtp-report/UNU-GTP-2010-31.pdf
Mariela Arauz MEM ambiente	2011	Monitoreo ambiental de proyectos geotérmicos en Nicaragua. http://www.os.is/gogn/unu-gtp-report/UNU-GTP-2011-06.pdf
Isaura Porras MEM geotermia	2012	Evolución química del reservorio Momotombo y el potencial de escamación por sílice y calcita en el fluido. Por publicarse.

Las tareas identificadas para satisfacer el objetivo de fortalecer las estructuras del MEM y del MARENA, lo cual es necesario para el desarrollo y uso de los recursos geotérmicos, se presenta en el Anexo V del PFCG-DFP. La inspección llevada a cabo por el EEFE revela que estas tareas en efecto se cumplieron.

ANEXO V: ESTADO DE DESARROLLO DE LAS ÁREAS GEOTÉRMICAS BAJO EXPLORACIÓN O PRODUCCIÓN

MOMOTOMBO

Una revaloración del reservorio geotérmico Momotombo es el tema de un informe especial un informe especial ISOR-MEM, al que contribuyeron expertos tanto de Islandia como de Nicaragua (Egilsson *et al.*, 2012). Los resultados fundamentales del informe incluyen una evaluación volumétrica actualizada del reservorio, utilizando el método probabilístico Monte Carlo y suponiendo un cierto factor de recuperación de calor, seguido de una estimación de su capacidad productiva. Los principales resultados son los siguientes:

1. Parece claro que la noción de que se podría lograr una producción de hasta 50-80 MW_e del reservorio geotérmico (¿campo de pozos?) actual no es realista. Un escenario más realista sería entre 30 y 35 MW_e.
2. La valoración volumétrica actualizada también sugiere una capacidad productiva en este rango.
3. La recarga de agua fría al reservorio proviene del sudeste.
4. El desarrollo actual es tal que no se espera que la capacidad de producción sobrepase los 30 MW_e.

El Informe es de alta calidad en el terreno que cubre, pero trata solamente con el tema de la “ingeniería del reservorio”, en el sentido en el cual se utiliza este término en la industria geotérmica. Para propósitos de capacitación hubiera sido importante también revisar el modelo conceptual como un todo. El término “modelo conceptual” significa, como indica el término, un concepto, y lleva implícito un esfuerzo por incorporar a todos los datos disponibles en un único modelo, y de ser exitoso se habrá desarrollado un concepto (comprensión) de las características del reservorio. Por lo tanto, un modelo conceptual incluiría litología, alteraciones hidrotérmicas, la química de los fluidos, la recarga fría (según se infiere por el declive en las concentraciones de cloruro), además de la distribución de temperatura y presión (disminución), cambios en la entalpía de la descarga de los pozos y el rendimiento de vapor de los pozos. Se puede utilizar el declive en la concentración de cloruro, que sirve como medida de una recarga fría rápida (véase Arnórsson, 1998), para calcular la extracción de calor de las rocas en el reservorio por parte del agua subterránea fría entrante.

Los puntos que se describen más arriba se traen a colación aquí debido a que están relacionadas con los objetivos generales de la capacitación, o sea, el juntar de expertos que se especializan en distintas disciplinas, pero que comparten una meta en común. El trabajo interdisciplinario tiende a dar mayores frutos que el trabajo aislado de personas en diferentes disciplinas.

MANAGUA-CHILTEPE

Al MEM se encargó la tarea de evaluar si se deben o no perforar pozos en la ladera del campo geotérmico Managua-Chiltepe. En el año 2006 se otorgó una concesión a GeoNica para que desarrollara el sitio. El área de la concesión fue de 100 km². El informe del MEM, en el que se otorga la concesión a GeoNica para desarrollar este campo geotérmico es profesional y bastante satisfactorio.

La primera tarea de GeoNica fue la de llevar a cabo un levantamiento de exploración y proponer sitios para dos pozos de exploración. Primero, GeoNica realizó una EIA durante el año 2007. Entregó su informe sobre los resultados de la exploración en 2008, y recibió una licencia para perforar este mismo año.

El Servicio Geológico de Islandia (ISOR) revisó el informe que rindió GeoNica, con los resultados de la exploración de superficie, incluyendo una propuesta para la ubicación y profundidad de un único pozo de exploración, en vez de dos (Hersir y Ólafsson, 2009a). En el mencionado informe de ISOR, se expresó el punto de vista de que sería preferible un sitio diferente para el primer pozo de exploración. Aparentemente, el informe preparado por Hersir y Ólafsson (2009), debería haber sido elaborado por personal especializado del MEM, o al menos por personal del MEM trabajando de la mano con ISOR. Lo que se hizo en común fue una reunión de los expertos de ISOR y del MEM.

En 2009 se perforó un agujero de pequeño diámetro a una profundidad de 1,100 metros. La temperatura registrada más alta fue de solamente 80°C (lo cual significa que no es un campo geotérmico de alta temperatura, o al menos no en el lugar en el que se perforó el agujero). No obstante, la interpretación que se hizo del contenido de gases, tomado de la única fumarola en la que se tomó una muestra, fue que podría haber temperaturas bajo la superficie de hasta 280-290°C. Al observar los resultados negativos de su primer pozo de exploración, GeoNica regresó su licencia al MEM en 2010. Por esta razón, el trabajo que se esperaba realizaría el MEM, o sea, monitorear y evaluar la etapa de desarrollo de GeoNica en Managua-Chiltepe, no tuvo lugar. Asimismo, no se llegó a diseñar la planta generadora ni a instalar el equipo en la superficie.

EL HOYO – MONTE GALÁN

El MEM otorgó a GeoNica una licencia de exploración en el campo geotérmico de El Hoyo – Monte Galán en abril de 2006, o sea, al mismo tiempo en que le otorgó la licencia para explorar Managua-Chiltepe. También aquí la concesión fue de 100 km². La concesión permitía la exploración de la superficie, seguida de la perforación de dos pozos de exploración. El informe del MEM, en el que se otorga la concesión a GeoNica para desarrollar El Hoyo – Monte Galán es profesional y bastante satisfactorio.

GeoNica entregó un informe sobre la exploración de la superficie en marzo de 2009. En este informe se proponen seis (6) sitios para la ubicación de pozos de perforación. Al igual que en el caso de Managua – Chiltepe, expertos de ISOR evaluaron el informe entregado por GeoNica sobre los resultados de la exploración superficial (Hersir y Ólafsson, 2009b). Más tarde, GeoNica preparó dos informes sobre los resultados de dos pozos de exploración perforados en el área (Mortensen y Egilsson, 2012).

Parece ser el caso que en el área abundan fuentes de aguas calientes. Los geotermómetros de agua indican que existen temperaturas bajo la superficie de 150–200°C. Las muestras de gas dan temperaturas calculadas con un geotermómetro de gas de entre 80°C y 287°C. Según la interpretación con geotermómetro de gas, los expertos de ISOR son de opinión que en El Hoyo – Monte Galán se pueden esperar temperaturas de hasta 275-300°C.

En 2009 y 2010 se perforaron dos pozos, de unos 2,000 metros de profundidad. GeoNica preparó dos informes que describen los resultados de las operaciones de perforación. El primer pozo tenía una

temperatura máxima de casi 200°C, pero una permeabilidad insignificante, y no era productivo. La única pérdida de circulación se reportó a una profundidad de 103 metros. La temperatura máxima fue de poco menos de 200°C a unos 300 metros, lo cual se debe comparar con una estimación de 300°C, con base en los datos recopilados durante la exploración de la superficie. El segundo pozo, perforado a una distancia de unos 1,400 metros al occidente, fue significativamente más frío, con una temperatura máxima de 150°C en el fondo del pozo. Tampoco era productivo, aunque ocurrieron importantes pérdidas de circulación en la sección productiva, a una profundidad mayor de 1,175 m. Es posible que estos dos (2) pozos todavía no se habían recuperado termalmente cuando se tomaron las mediciones de temperatura, en cual caso, es posible que la temperatura del reservorio sea más alta de lo que indican los datos del registro. La presencia de minerales de alteración mineral en los recortes de perforación, como la epidota, indican que hay temperaturas en exceso de 230°C. Por lo tanto, los resultados de las perforaciones como tal han comprobado que existen temperaturas lo suficiente altas para explotar el reservorio para la generación de energía, pero la baja permeabilidad encontrada es desalentadora.

A la luz de los pobres resultados de la perforación de los primeros dos pozos, GeoNica revisó su plan y decidió perforar tres (3) agujeros de pequeño diámetro de 500 m hasta unos 1,000 m de profundidad. La temperatura más alta que se midió fue de 124°C, aunque por extrapolación una gradiente indicó una temperatura de 200°C. Por lo tanto, los resultados de los agujeros de pequeño diámetro fueron negativos no solamente con respecto a la permeabilidad, sino también la temperatura.

ISOR ha revisado los informes que rindió GeoNica con los resultados de los primeros dos pozos perforados en El Hoyo – Monte Galán (Mortensen y Egilsson, 2012). Como parte de esta revisión, visitaron a Nicaragua del 21 al 23 de julio de 2010, y se entrevistaron con personal tanto del MEM como de GeoNica.

San Jacinto – Tizate

Actualmente Triton Power (ahora RAM Power) opera una planta generadora de 72MW_e en San Jacinto. Se han perforado un total de quince (15) pozos, de los cuales se utilizan tres (3) para inyección de fluido usado. Hay siete (7) pozos productivos y conectados a la planta generadora. El rendimiento promedio de los pozos perforados es de cerca de unos 5MW (6 MW si no se cuentan los tres pozos de inyección). Esto confirma que la permeabilidad en San Jacinto es buena. Las temperaturas del reservorio se encuentran en un rango entre 250°C y 315°C. Una parte del reservorio es de dos fases, pero la otra es de agua líquida. El campo tiene una forma alargada en una dirección N-S, probablemente de 1 km por 7 km (o sea 7km²). Este tamaño relativamente pequeño ofrece una indicación de su capacidad de generación. El campo de pozos (área de producción) en Casitas es de aproximadamente 2.5 km². Según Mendieta (2009), hay un potencial de 225 MW_e para el campo geotérmico del volcán Casitas, utilizando el método volumétrico. Si la extensión lateral es realmente de 7 km², entonces la estimación volumétrica parece ser excesiva. Tanto el tamaño relativamente pequeño y la forma del campo geotérmico (reservorio) exigen un monitoreo químico cuidadoso, para poder identificar cualquier recarga del reservorio con agua subterránea más fría, la cual se manifiesta al disminuir la concentración de cloruro en las descargas de los pozos. Es inevitable que esto ocurra, como resultado de la caída en la presión causada por la carga de producción. Una caída en la concentración de cloruro puede ser considerada una señal

precursora de una recarga fría intensa. Esto se menciona aquí con el propósito de apoyar al MEM, y también porque no se menciona en los dos informes de ISOR, que se analizan a continuación.

ISOR ha preparado dos (2) informes de expertos sobre el Proyecto San Jacinto (Steingrímsson, 2011; Ingimundarsson and Thórhallsson, 2009). El primer trata de la situación actual y los planes futuros para el monitoreo y el desarrollo; el tema del segundo es sobre la factibilidad técnica de la planta generadora, que ahora ya está en operación. Estos informes son parte de la contribución de ISOR al PCFG.

Casitas – San Cristóbal

El desarrollo de este campo geotérmico no está incluido en el anexo I del Documento Final de PCFG. No obstante, ISOR ha elaborado un informe sobre este campo y el MEM ha estado dando seguimiento a las investigaciones realizadas por el concesionario, en este caso también Triton Power (RAM Power). La empresa llevó a cabo una exploración de la superficie y entregó un informe sobre esta labor en junio de 2005. El informe de ISOR es parte del apoyo institucional al MEM en Nicaragua, bajo el PCFG de ICEIDA y del GON. Es por lo anterior que los avances logrados durante el desarrollo del recurso geotérmico en el área del Casitas se encuentran incorporados al presente Informe. La concesión del Casitas se otorgó a Triton Power (RAM Power) en 2002. Este mismo año, la empresa llevó a cabo un estudio de geología estructural. En 2004, reevaluó el potencial geotérmico del área como parte de sus investigaciones. Su informe de 2005 describe el trabajo realizado en la exploración de la superficie. A continuación se presenta un resumen de los hallazgos referentes al Casitas, basado en el informe de ISOR (Hersir et al., 2009).

El Casitas es un volcán andesítico-volcánico con un gran cráter central (rasgo eruptivo) o caldera (colapso de la cumbre debido a un rápido vaciamiento de la cámara de magma). Hay fallas normales que se ven como rasgos topográficos y que pasan por la cumbre del volcán. Es probable que presenten anomalías de permeabilidad. La actividad termal en la superficie es común en toda el área. Las manifestaciones consisten de fumarolas y tierra humeante.

Se considera que esta actividad relativamente intensa en la superficie es una buena indicación de que existe un recurso geotérmico de alta temperatura. El contenido de los gases que emanan de las fumarolas indica que hay temperaturas bajo la superficie por encima de 250°C. Abundan fuentes de aguas calientes. Es probable que representen agua calentada por vapor, y por lo tanto no dan una indicación de temperaturas bajo la superficie. La extensión lateral del reservorio, según los resultados de sondeos con MT y la distribución de las manifestaciones geotérmicas de superficie es de ~ 20 km². La capacidad de producción de energía de este reservorio se calcula en 120-330 MWe por veinte (20) años, o 24-66 MWe por un periodo de explotación de cien (100) años. Hay dos objetivos de perforación que se consideran de mucho interés: 1) una posible zona dominada por vapor debajo del filete del Casitas y 2) un reservorio dominado por líquido por debajo de la zona de vapor. En su informe evaluativo, ISOR apoya los cuatro (4) sitios propuestos para la perforación de pozos de exploración.

En 2009 el MEM otorgó licencias a Triton Power (RAM Power) para la perforación de unos pozos en el campo geotérmico de Casitas. Ya se ha perforado un agujero de pequeño diámetro a una profundidad de casi 900 m, encontrándose una zona de vapor. El pozo es productivo. En efecto, esto es lo que se esperaba.

Como se puede deducir por la cantidad de manifestaciones de la superficie y los sondeos MT, la extensión lateral del reservorio parece ser de unos 4 km². De ser correcto, la capacidad estimada del reservorio probablemente es demasiado alta. La información que se obtuvo durante la visita del EEFE a Nicaragua fue que hay otra estimación, de un potencial de 85MW, con una probabilidad de un 90%.

Triton Power (RAM Power) ha solicitado al MEM una licencia de explotación para una planta de 33 MW_e (3 turbinas de 11 MW). Actualmente el MEM está evaluando la solicitud.