

Análisis comparativo de estrategias para la mitigación del riesgo asociado a los recursos geotérmicos

Estudio Global





CONTENIDO

RECONOCIMIENTOS	iii
RESUMEN EJECUTIVO	iv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ENFOQUES PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO GEOTÉRMICO	4
3. GOBIERNO COMO DESARROLLADOR ÚNICO DEL PROYECTO GEOTÉRMICO	6
4. COSTOS COMPARTIDOS EN LA ETAPA DE PERFORACIÓN PARA MOVILIZAR LA INVERSIÓN PRIVADA	9
Costos de perforación exploratoria compartidos	9
Perforación exploratoria realizada por el gobierno para facilitar la participación del sector privado en etapas más avanzadas del proyecto	12
Otros Esquemas para Facilitar la Participación del Sector Privado	14
Privatización de Activos Geotérmicos Desarrollados por el Gobierno	15
5. SEGURO DE COBERTURA DE RIESGO DEL RECURSO GEOTÉRMICO	19
6. INCENTIVOS FISCALES PARA LA ETAPA INICIAL	21
7. OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ACEPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO GEOTÉRMICO	23
8. IMPACTO DE LAS ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DEL RIESGO EN LA EXPANSIÓN DE LA ENERGIA GEOTÉRMICA – CASOS ILUSTRATIVOS	25
Australia	25
Chile	25
Japón	25
Kenia	25
Nicaragua	26
Filipinas	27
Turquía	28
Estados Unidos	29
9. CONCLUSIONES	32
ANEXO I MARCO RESUMEN PARA COMPARAR LAS ESTRATEGIAS PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGO GEOTÉRMICO	35
REFERENCIAS	42
ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES	43



RECONOCIMIENTOS

Este informe ha sido elaborado por la Práctica Global de Energía e Industrias Extractivas del Banco Mundial, con el objetivo de compartir con los países clientes experiencias a nivel global en la mitigación del riesgo en la caracterización del recurso geotérmico; con el fin de ayudarlos a la hora de seleccionar el método que mejor se adapte a sus circunstancias particulares. Este documento es parte de un ejercicio más amplio de análisis de revisión de las *Oportunidades y desafíos del desarrollo de la energía geotérmica en la región de Latinoamérica y Caribe*. La financiación para la investigación y la evaluación de este informe ha sido proporcionada por el Programa de Apoyo a la Gestión del Sector Energético del Banco Mundial (ESMAP) y el Plan Global de Desarrollo Geotérmico (GGDP). Los borradores de este informe y sus resultados se presentaron (y recibieron comentarios) en las pasadas Mesas Redondas del GGDP celebradas en La Haya, Holanda, y Copenhague, Dinamarca; y en los Congresos Regionales de Energía Geotérmica GeoLAC 2014 en San José, Costa Rica, y GeoLAC 2015 en Managua, Nicaragua. Asimismo, se realizaron talleres especializados sobre los resultados del estudio con numerosos interlocutores en Santiago, Chile; Ciudad de México, México; y Managua, Nicaragua. Aunque las numerosas revisiones, tanto formales como informales, a las que ha sido sometido este estudio han proporcionado aportaciones para su mejora, el estudio, los resultados, las interpretaciones y las conclusiones expresadas en este documento son exclusivamente de los autores, y no deben atribuirse de ninguna manera al Banco Mundial, sus organizaciones asociadas, a los miembros del Consejo de Directores Ejecutivos o a los países que representan.

Los autores de *Análisis comparativo de estrategias para la mitigación del riesgo asociado a los recursos geotérmicos: Estudio Global* son:

- **Subir K. Sanyal** (coopsanyal@gmail.com), ex Presidente de GeothermEx.
- **Ann Robertson-Tait** (Ann1@slb.com), Directora de Desarrollo de Negocios y Geóloga Senior de GeothermEx.
- **Migara S. Jayawardena** (mjayawardena@worldbank.org), Especialista Senior en Energía de la Práctica Global de Energía e Industrias Extractivas del Banco Mundial.
- **Gerry Hutterer** (ghutterer@colorado.net), Geólogo consultor para la Práctica Global de Energía e Industrias Extractivas del Banco Mundial.
- **Laura Berman** (lberman@worldbankgroup.org), Especialista en Energía en la Práctica Global de Energía e Industrias Extractivas del Banco Mundial.

RESUMEN EJECUTIVO

La energía geotérmica constituye en muchos países una oportunidad para diversificar la matriz energética de forma sostenible. Es una fuente de energía limpia que puede generar carga base confiable, las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Además, la energía geotérmica, desarrollada adecuadamente, proporciona significativas ventajas ambientales, a nivel local y global. A menudo, la energía geotérmica puede ser una opción para la generación de electricidad de menor costo, comparado con el uso de combustibles fósiles (particularmente si se consideran sus beneficios ambientales), y ayuda a estabilizar el costo de la energía, ya que no está sujeta a la volatilidad del precio internacional de las materias primas. Siendo además una fuente de energía autóctona, la geotermia puede también contribuir a mejorar la seguridad del suministro eléctrico.

A pesar de todas sus ventajas, después de más de 100 años de desarrollo, y con unas estimaciones de potencial a nivel mundial de 70–80 GW, solamente un 15 por ciento de las reservas geotérmicas conocidas se está explotando actualmente para producción de electricidad.

Aunque el lento desarrollo de la energía geotérmica se debe a diferentes razones, que varían entre países, existe un obstáculo particular, ampliamente reconocido a nivel global, representado por el alto riesgo durante las etapas iniciales del desarrollo de un recurso geotérmico. La incertidumbre, real o percibida, en cuanto a la capacidad del recurso durante dichas etapas iniciales, constituye una barrera sustancial (especialmente para el sector privado) para la movilización del capital de riesgo necesario para financiar la perforación exploratoria, la cual es un requisito fundamental para confirmar la magnitud, la temperatura, la presión, la composición química y la productividad del potencial recurso geotérmico.

Afrontar este problema es aún más relevante si se tiene en cuenta que la mayoría de las áreas adecuadas para el desarrollo geotérmico son *Green Fields*, es decir campos vírgenes que necesitan ser desarrollados desde el inicio, y por ende sujetos a una percepción del riesgo de exploración particularmente elevada. Analizando las experiencias del sector a nivel global, emerge claramente que una gran mayoría de los desarrollos geotérmicos exitosos se ha beneficiado de algún tipo de apoyo gubernamental. Dicho apoyo puede prestarse por medio de diferentes instrumentos y estrategias para la mejora de la rentabilidad general de los proyectos geotérmicos. Sin embargo, existen algunos esquemas que incentivan específicamente la movilización de capital de riesgo hacia la perforación exploratoria. Los mecanismos que han sido implementados en varios países para fomentar el desarrollo geotérmico mediante el apoyo del sector público son los siguientes:

- Más de 3.5 GW de capacidad geotérmica instalada en el mundo corresponde a **proyectos desarrollados por el sector público**, ya sea directamente por el gobierno, o por entidades respaldadas por el gobierno. En algunos de estos casos, el sector público ha asumido todo el riesgo del recurso y otros riesgos relacionados, actuando como desarrollador global del proyecto, encargado de todas las etapas del proceso de exploración, desarrollo y operación de la planta de generación eléctrica.
- Otro mecanismo es la **perforación con costos compartidos entre el gobierno y el sector privado**, el cual utiliza recursos públicos para estimular la movilización de capitales privados hacia el desarrollo geotérmico. Existen básicamente dos formas para implementar este mecanismo: 1) el gobierno realiza la exploración y confirmación del recurso, y luego transfiere los derechos del proyecto al sector

privado, para que éste complete el desarrollo bajo una condición de riesgo reducido y finalmente opere el proyecto; y 2) el sector privado es responsable de todas las etapas del proyecto geotérmico, pero el gobierno comparte los costos en la fase de exploración de alto riesgo, con el fin de reducir la exposición del desarrollador. En ambos casos, el gobierno asume los riesgos de exploración, en parte o en su totalidad, con el objetivo de estimular la provisión de capital privado para el proyecto. Se estima que el desarrollo de más de 3 GW de capacidad geotérmica a nivel mundial se ha beneficiado de diferentes tipos de mecanismos de costos compartidos para mitigar el riesgo de la perforación exploratoria.

- **Los seguros de cobertura del riesgo del recurso geotérmico** son otro esquema que busca repartir los riesgos de exploración en una cartera de proyectos en desarrollo, asegurando la productividad de un pozo, de manera que una parte, o la totalidad, de las pérdidas potenciales resulte cubierta si no se consiguen los resultados predefinidos. Hasta la fecha, sólo unas pocas decenas de megavatios de capacidad geotérmica instalada han sido desarrollados con el apoyo de este mecanismo. El limitado éxito del seguro de riesgo se debe principalmente al hecho de que el sector geotérmico es un sector pequeño a escala global, y por consiguiente ofrece oportunidades limitadas de cartera para repartir los riesgos. Además, el alto grado de incertidumbre durante la etapa de perforación exploratoria hace que las primas del seguro sean elevadas, y a menudo inaceptables para los desarrolladores.
- **Los incentivos fiscales** no son mecanismos de mitigación de riesgo en sentido estricto, pero cuando están disponibles, reducen el costo, y por ende el capital de riesgo necesario para la exploración geotérmica. De esta manera, mitigan parte del elevado riesgo de las etapas iniciales, disminuyendo la exposición del desarrollador a potenciales pérdidas en caso de que la exploración del recurso no sea exitosa.

¿Cuál es el mejor método? Para responder a esta pregunta, es importante considerar detenidamente las circunstancias específicas de cada país y los objetivos nacionales de desarrollo geotérmico. Los hechos indican que algunos de los mecanismos de mitigación de riesgo previamente descritos han contribuido significativamente al desarrollo de la energía geotérmica. Sin embargo, en cada país pueden existir factores específicos condicionantes que deben de ser adecuadamente considerados, tales como: los objetivos estratégicos del sector energético y geotérmico, la magnitud y programa de implementación del desarrollo, la capacidad técnica disponible a nivel nacional, la capacidad para administrar y supervisar los mecanismos de mitigación de riesgo, el impacto financiero y asequibilidad del método de mitigación seleccionado, y otros aspectos relacionados con los actores involucrados en el proceso. El **anexo** de este documento proporciona un marco resumen para comparar los diferentes métodos de mitigación del riesgo geotérmico y puede ser consultado con el fin de determinar la idoneidad de cada método en cada situación específica.

Los esquemas de mitigación del riesgo geotérmico pueden ser fundamentales para iniciar y desarrollar proyectos geotérmicos, pero pueden existir otros desafíos y riesgos para el desarrollador relacionados con las condiciones específicas de cada país, y que pueden afectar al clima de inversión. Se trata de factores como: políticas inadecuadas para apoyar el desarrollo del sector, altos costos de desarrollo de los proyectos, dificultades de acceso a la red de transmisión, ausencia de infraestructura de acceso a las áreas geotérmicas, disponibilidad limitada de recursos humanos con capacidad técnica adecuada, y más en general, el riesgo país percibido por los inversionistas. La aplicación de cualquier esquema de mitigación de riesgo geotérmico debería por lo tanto

ser coordinada con acciones para enfrentar a los factores aquí descritos, ya que éstos pueden condicionar el éxito de los programas de desarrollo geotérmico.

Este estudio concluye con una serie de casos ilustrativos de países que han implementado diversos esquemas de mitigación del riesgo geotérmico, así como otras acciones dirigidas a impulsar el desarrollo de la geotermia. Se incluyen ejemplos de países que han alcanzado un desarrollo geotérmico significativo, como **Japón, Kenia, Nicaragua, Filipinas, Turquía y Estados Unidos**; y también casos de varios países donde hubo un apoyo importante del sector público para el sector geotérmico, pero que hasta la fecha han tenido resultados limitado o nulos en cuanto a la generación de electricidad con fuentes geotérmicas, como son **Australia, Chile y Argentina**. Si bien el éxito alcanzado en la movilización de capital de riesgo hacia la exploración y el desarrollo geotérmico varía significativamente de país en país, la experiencia desarrollada a nivel global proporciona valiosas enseñanzas sobre la utilidad de los diversos esquemas de mitigación de riesgo.

- La experiencia global reportada en este estudio está ayudando a varios legisladores en la selección y definición de los enfoques más adecuados para el desarrollo de la geotermia, con particular referencia a los mecanismos de mitigación del riesgo del recurso geotérmico. El Banco Mundial está actualmente apoyando a una serie de países, incluyendo Chile, Nicaragua, Dominica, Santa Lucía, Armenia, Kenia, Etiopía, Tanzania, Yibuti, Turquía e Indonesia, en la aplicación de los resultados de este estudio para manejar adecuadamente los riesgos del recurso geotérmico.

1. INTRODUCCIÓN

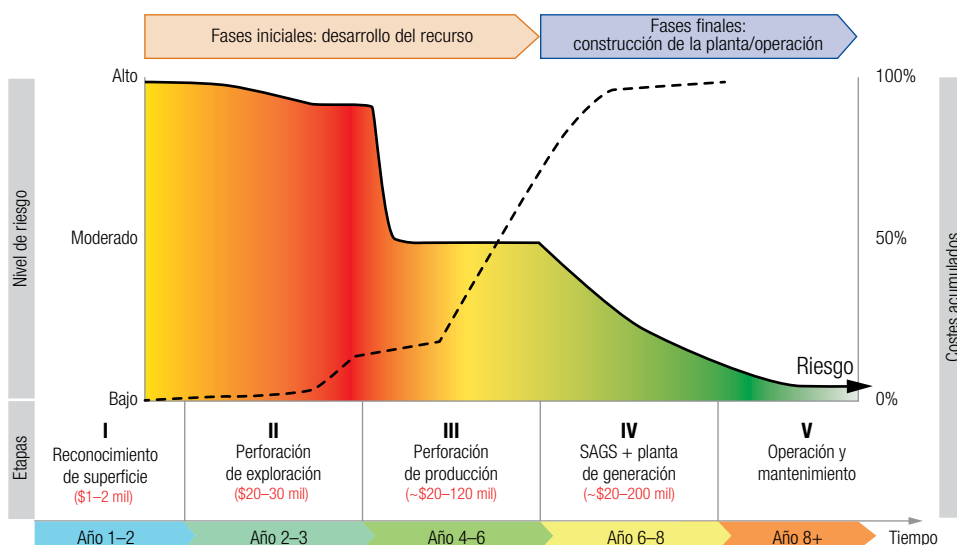
El uso de las energías renovables se está expandiendo mundialmente como parte integral de una matriz de generación de electricidad diversificada. La geotermia es una fuente de energía limpia que puede proveer generación de carga base confiable¹ en los países y regiones donde dicho recurso esté disponible. Por ser una fuente de energía renovable autóctona, la energía geotérmica ofrece importantes beneficios ambientales, además de poder servir como protección contra la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles, estabilizando los costos de generación. El potencial de generación de energía geotérmica se ubica en áreas sísmicas activas y/o con actividad volcánica (especialmente en los países que se encuentran dentro del llamado “anillo de fuego” que rodea la cuenca del Pacífico) y, a nivel mundial, se estima (ver, por ejemplo, Bertani, 2009)² en el orden de los 70–80 gigavatios (GW) con base en las tecnologías comerciales actualmente disponibles.³ No obstante, en la actualidad solamente se están explotando aproximadamente 12 GW del potencial total, mientras que numerosos campos geotérmicos no han sido todavía desarrollados.

El desarrollo de la energía geotérmica se enfrenta a una combinación de desafíos que pueden incluir políticas inadecuadas para apoyar el desarrollo del sector, la elevada inversión que se necesita adelantar para desarrollar el campo de vapor y construir la planta de generación eléctrica, el acceso al sistema de transmisión desde los centros de consumo hasta los campos geotérmicos, la falta de infraestructura básica que facilite el acceso a estas áreas y, en algunos países, la disponibilidad limitada de capacidad técnica. Dependiendo de las circunstancias imperantes en cada país o región, algunos o todos estos aspectos necesitan ser considerados para mejorar el clima de inversión y promover el desarrollo geotérmico. Sin embargo, es ampliamente reconocido que el elevado riesgo en las etapas iniciales representa una barrera crítica que puede detener el desarrollo geotérmico en su comienzo, impidiendo así mayores inversiones en energía geotérmica.

Los recursos geotérmicos se desarrollan en etapas, comenzando con la exploración de superficie, seguida por la perforación exploratoria para descubrir y confirmar la disponibilidad del recurso, en un proceso que por lo general puede llevar entre 2 y 3 años. Luego, antes de que pueda iniciar la operación, se necesitan otros 3–5 años para llevar a cabo las perforaciones adicionales necesarias para asegurar el suministro de vapor y la construcción de la central generadora de electricidad. Una vez que el sistema se encuentra en operación, la energía geotérmica es una fuente de generación confiable y ambientalmente preferible para la de generación de electricidad a largo plazo, con un costo relativamente estable. No obstante, la combinación de 1) la necesidad de una importante inversión inicial de capital, mucho antes de poder obtener ingresos por la venta de electricidad, y 2) el alto nivel de riesgo durante la etapa inicial de perforación, pueden reducir el ritmo del desarrollo geotérmico y algunas veces llegar a impedir el avance de los proyectos.

La Figura 1 presenta una visión conceptual de las distintas etapas del desarrollo geotérmico, junto con la variación del nivel de riesgo y de los rangos normalmente requeridos de inversión de capital. En los proyectos geotérmicos nuevos (“green fields”), los riesgos más elevados se encuentran en las etapas iniciales, de reconocimiento de superficie y de perforación exploratoria (Etapas I y II). Durante estas etapas iniciales del desarrollo geotérmico existe un importante grado de incertidumbre en cuanto a la productividad y temperatura del recurso; es decir, que la posibilidad de perforar pozos comercialmente productivos, que suministren una capacidad de generación específica durante un lapso de tiempo determinado, es poco conocida. Esto genera incertidumbre acerca del costo

Figura 1 | Representación Conceptual de los Riesgos y Costos en las Distintas Etapas del Desarrollo de un Campo Geotérmico



Fuente: Adaptado del Manual de Geotermia (ESMAP 2012).

global de extracción de los fluidos geotérmicos y su sucesiva reinyección en el reservorio. Esta incertidumbre disminuye considerablemente después de que las actividades de perforación y prueba de pozos hayan confirmado la disponibilidad del recurso geotérmico (tras la finalización de la Etapa II), lo que a su vez permite establecer la factibilidad financiera para proceder con la inversión en las subsiguientes etapas de desarrollo del campo geotérmico (Etapas III y IV).

El costo de una campaña de exploración y de un programa inicial de perforación exploratoria de 3-5 pozos geotérmicos puede ascender a \$20-\$30 millones. Si bien esta suma es modesta comparada con el costo total de un desarrollo geotérmico, la dificultad de reunir fondos para las etapas de exploración y perforación inicial puede causar demoras o incluso detener los proyectos. La obtención de este capital de riesgo puede resultar particularmente desafiante para los desarrolladores geotérmicos privados, dado que la perforación exploratoria se financia típicamente con capital propio, que se puede llegar a perder si el proyecto resulta inviable. Por lo tanto, el “riesgo recurso”, real o percibido, se ha convertido en una barrera común para el desarrollo de proyectos geotérmicos en todo el mundo, incluidos numerosos países de Latinoamérica y el Caribe.

En unos pocos países, con abundantes fuentes termales y otras manifestaciones geotérmicas superficiales que proveen evidencias de recursos geotérmicos atractivos (por ej., en Filipinas, Indonesia y Estados Unidos), algunos de los proyectos geotérmicos iniciales fueron explorados y desarrollados por grandes empresas energéticas privadas, con apoyo limitado de los gobiernos. No obstante, después de desarrollar los campos geotérmicos más prometedores, el ritmo de desarrollo disminuyó, por el riesgo del recurso y la elevada inversión inicial requerida. Dado que la mayoría de los desarrolladores no podían enfrentar los riesgos con capital propio, especialmente en los países en desarrollo, muchos de ellos decidieron no invertir en exploración inicial de áreas geotérmicas en condiciones de “green field”. En consecuencia, el sector público ha provisto distintas formas de apoyo en aquellos países que decidieron promover dichas

inversiones e incentivar el desarrollo de los recursos geotérmicos. Ese apoyo ha sido fundamental para la superación de barreras que el sector privado no hubiera enfrentado por su propia cuenta.

Este trabajo presenta una evaluación comparada de los principales enfoques que han sido aplicados a nivel mundial con el objetivo de manejar la incertidumbre de la etapa inicial y movilizar inversiones para la exploración geotérmica. Estos esfuerzos han tenido un papel catalizador en el desarrollo de la energía geotérmica, mediante la confirmación del recurso y la definición del potencial de numerosos campos. Se evalúan distintos esquemas de mitigación del riesgo según su importancia en cada contexto, necesidades de financiación, requerimientos administrativos, nivel de éxito e idoneidad para su implementación. Este trabajo se ha realizado con el propósito de ayudar a los países clientes del Banco Mundial en la toma de decisiones en cuanto a la implementación de los mecanismos de apoyo más eficaces para ampliar el uso de la energía geotérmica y diversificar la matriz de generación de electricidad.

2. ENFOQUES PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO GEOTÉRMICO

Por lo presentado anteriormente, este trabajo se centra principalmente en los diversos mecanismos utilizados por distintos países para reducir los riesgos asociados con la caracterización de los recursos geotérmicos, en particular en las Etapas I y II (indicadas en la Figura 1). No obstante, existen otras medidas complementarias que pueden mejorar la rentabilidad/factibilidad general de los proyectos geotérmicos, y que a su vez pueden animar a los desarrolladores de estos proyectos a aceptar cierto nivel de riesgo. Dichas medidas incluyen principalmente incentivos, tanto financieros como de otro tipo, para la generación de electricidad, tales como tarifas reguladas (*feed-in tariffs*, FIT por sus siglas en inglés), cartera de estándares de energía renovable (RPS por sus siglas en inglés) y créditos fiscales, y el desarrollo de infraestructura adecuada (tal como líneas de transmisión para facilitar la entrega de energía geotérmica en el mercado). Los gobiernos pueden considerar estas opciones, según las circunstancias específicas, como herramientas para incentivar el desarrollo de los recursos geotérmicos. Sin embargo, dado que los beneficios de dichos incentivos se concretan principalmente en etapas avanzadas del proceso de desarrollo, éstos son a menudo insuficientes para compensar los riesgos en las etapas iniciales, y las potenciales pérdidas financieras para los desarrolladores. Por lo tanto, estos mecanismos por sí solos son en general, insuficientes para incentivar la inversión en las etapas de perforación exploratoria y confirmación de los recursos geotérmicos.

Algunos países han tomado medidas más específicas para manejar los riesgos y movilizar la inversión necesaria para la perforación exploratoria y confirmación del recurso geotérmico. Estas medidas se han centrado principalmente en dividir entre el sector público y el sector privado las responsabilidades y la carga financiera asociada con las distintas etapas del ciclo del desarrollo geotérmico. El objetivo principal de estas medidas ha sido conseguir que los riesgos asociados con el recurso recayesen en el actor mejor preparado para asumirlos, lo cual ha activado, y frecuentemente incrementado, el desarrollo geotérmico. Este trabajo se centra en cuatro⁴ tipos de enfoques que han sido utilizados en distintos países para mitigar el riesgo geotérmico:

1. **El gobierno** asume la totalidad del riesgo asociado con el recurso y otros aspectos del emprendimiento geotérmico, actuando como desarrollador único del proyecto (exploración, confirmación del recurso, construcción y operación de la planta de generación), a través de empresas de propiedad estatal u otros organismos respaldados por el gobierno.
2. **Perforación bajo un esquema de costos compartidos**, con el fin de movilizar la participación privada mediante un mecanismo en el cual una parte, o la totalidad, del riesgo de perforación es asumido por el sector público.
3. **Póliza de seguro de recurso geotérmico** que pretende distribuir los riesgos de exploración en una cartera de proyectos.
4. **Incentivos fiscales aplicables a las etapas iniciales** (exoneración de aranceles, créditos fiscales, etc.) que reducen la exposición financiera de los desarrolladores durante las actividades de perforación exploratoria.

Para cada uno de los enfoques, se presentan, discuten y analizan los siguientes aspectos clave:

- características principales del enfoque;
- pros y contras del esquema;
- requerimientos de supervisión operativa / gerencial para implementar el esquema;
- en qué países se ha aplicado el esquema a nivel internacional;
- impactos del esquema en el ritmo y/o grado de desarrollo de la capacidad de generación de energía geotérmica; e
- impacto financiero en las partes interesadas.

Al final del presente documento se incluye una tabla resumen donde se comparan los aspectos clave de los cuatro enfoques utilizados para la mitigación del riesgo geotérmico.



3. GOBIERNO COMO DESARROLLADOR ÚNICO DEL PROYECTO GEOTÉRMICO

El gobierno, o los organismos gubernamentales de un país o región, pueden absorber gran parte del riesgo del recurso geotérmico llevando a cabo por su cuenta la exploración y el desarrollo del recurso. La participación del gobierno en el desarrollo de los recursos geotérmicos puede adoptar distintas formas, pero la experiencia muestra que ha tenido mayor éxito en los casos donde el gobierno: 1) tiene el control total de todas las etapas de un proyecto geotérmico, con limitada participación del sector privado; o 2) tiene control solamente sobre la confirmación del recurso y el desarrollo del campo de vapor, mientras que Productores Independientes de Energía (IPPs por sus siglas en inglés) construyen y operan la planta de generación geotérmica. Adicionalmente, existen pocos ejemplos de desarrollo del recurso por parte de entidades privadas, donde los gobiernos son propietarios y operadores de las centrales de generación geotérmica. En esta sección, solamente se consideran casos en los que el gobierno se encarga tanto de las etapas de perforación exploratoria y de producción (*upstream*) como de la instalación de la planta de generación (*downstream*), en su carácter de desarrollador “único” del proyecto. Los casos en los que el gobierno desarrolla solamente una parte del proyecto, con la expectativa de que un desarrollador privado se ocupe del resto, corresponden a un enfoque más comparable con el mecanismo de costos compartidos, que se analiza en la siguiente sección.

Mediante la movilización de fondos públicos a gran escala, la participación del gobierno puede servir para absorber los riesgos del recurso geotérmico y mejorar la viabilidad de proyectos en mercados que de otra forma serían menos atractivos para la inversión privada internacional. Cuando el gobierno se ha comprometido claramente a apoyar el desarrollo geotérmico y ha tenido capacidad para proveer suficientes recursos financieros, el desarrollo geotérmico se ha acelerado. Este ha sido el caso de Filipinas y México, países que ocupan respectivamente el segundo y cuarto lugar en términos de capacidad geotérmica instalada.

Como se muestra en la Tabla 1, los gobiernos han actuado como desarrolladores únicos en un número importante de proyectos geotérmicos en todo el mundo, lo cual ha resultado en el desarrollo de más de 3.5 GW de energía geotérmica —aproximadamente un tercio de la capacidad mundial actualmente instalada. En todos los países incluidos en la Tabla 1, el sector público ha destinado recursos económicos en todas las etapas de desarrollo geotérmico, desde la fase inicial de perforación de alto riesgo hasta la construcción y operación de las centrales eléctricas.

En los países donde los gobiernos no pudieron mantener un alto nivel de apoyo e inversión en el desarrollo geotérmico, el sector creció a veces lentamente, incluso llegando a detener su desarrollo en diferentes etapas. Tal es el caso de Kenia y Nicaragua, donde pocos de los numerosos recursos geotérmicos identificados han sido perforados y desarrollados. El riesgo no ha sido el único obstáculo; otras barreras han intensificado el desafío, incluyendo el riesgo país, real o percibido, los retos logísticos, la falta de infraestructura adecuada, y la disponibilidad insuficiente de capital. Estas barreras han tendencialmente limitado el grado de desarrollo geotérmico alcanzado por los gobiernos, aunque Kenia e Indonesia están progresando considerablemente. En algunos casos, los gobiernos simplemente no cuentan con la capacidad de financiamiento necesaria para invertir en el desarrollo de recursos geotérmicos. La falta de conocimiento por parte del

Tabla 1 | Desarrollo de Generación Geotérmica Liderado por Gobiernos

País	Cantidad de campos geotérmicos apoyados	Capacidad instalada resultante (MW)
Costa Rica	2	177
El Salvador	2	149
Nicaragua	1	70
México	4	980
Francia (Guadalupe)	1	15
Indonesia	5	417
Filipinas	5	608
Nueva Zelanda	2	220
Islandia	6	664
Turquía	1	15
Etiopía	1	8
Kenia	1	290 (140 más en desarrollo)
TOTAL:	31	3.613

Nota: actualizado a mediados de 2014.

sector público sobre el desarrollo geotérmico, los complejos procedimientos burocráticos, y los conflictos entre distintos organismos, también han afectado a la capacidad de algunos gobiernos para desarrollar la energía geotérmica al ritmo deseado.

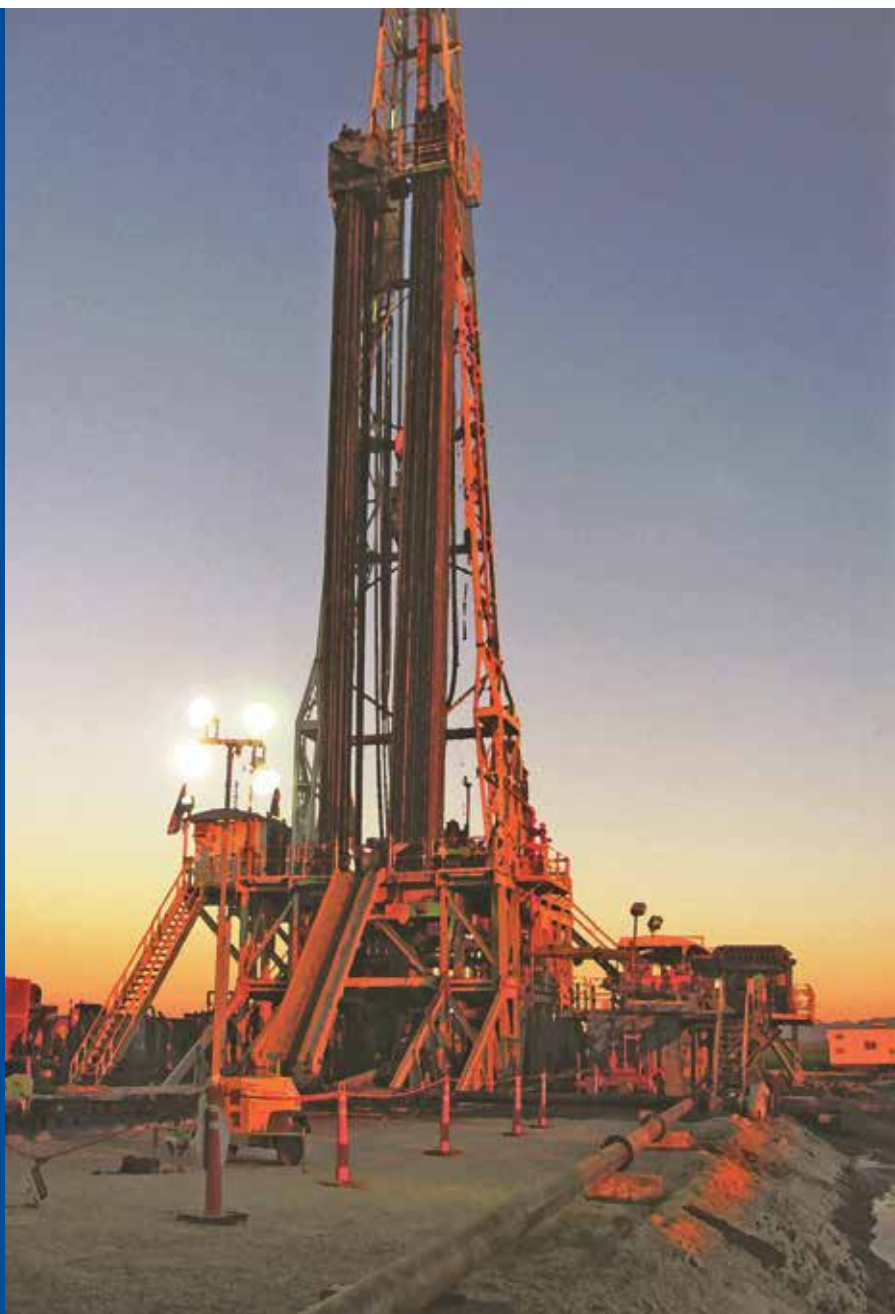
El desarrollo de la energía geotérmica es un esfuerzo multidisciplinar que requiere no sólo el conocimiento técnico del recurso, sino también la comprensión de aspectos financieros, regulatorios, de funcionamiento de las empresas de servicios públicos y políticos. Por lo tanto, el gobierno o los organismos gubernamentales con mandato para desarrollar los recursos geotérmicos deben contar con recursos humanos capacitados en este amplio rango de disciplinas, o con la posibilidad de obtener periódicamente el apoyo de consultores externos e investigadores académicos para identificar, evaluar, desarrollar y monitorear los campos geotérmicos, y/o revisar los avances del desarrollo geotérmico a nivel nacional. Cuando el desarrollo geotérmico por parte del sector público involucra a múltiples organismos, departamentos o ministerios gubernamentales, los procedimientos burocráticos y las “luchas de poderes” han llegado a retrasar considerablemente el ritmo de desarrollo, a pesar de las aspiraciones del gobierno.

Los desarrolladores gubernamentales que han tenido éxito, lo han logrado mediante la combinación de:

- políticas coordinadas que facilitan la formación de experiencia interna cualificada;
- acceso al equipamiento apropiado; y
- acceso a la financiación apropiada.

México, Nueva Zelanda, Filipinas y Costa Rica son algunos ejemplos de países donde desarrolladores cualificados respaldados por el gobierno han ampliado sus carteras geotérmicas, algunas veces con el apoyo de consultores internacionales especializados.

El gobierno o las empresas con apoyo público que emprenden el desarrollo geotérmico en su totalidad, tanto de los recursos geotérmicos (*upstream*) como de las centrales de generación (*downstream*), asumen por lo general todos los riesgos asociados, incluyendo los riesgos de la etapa inicial de exploración. Aun cuando exista financiamiento disponible por parte de organismos internacionales de desarrollo, la necesidad de garantías soberanas hace que sean los gobiernos los que en última instancia soportan el riesgo de fracaso de los proyectos. En algunas ocasiones, los organismos internacionales de desarrollo otorgan donaciones específicas para cubrir parte de los costos del proyecto. En estos casos, parte del riesgo es asumido directamente por dichas instituciones.



4. COSTOS COMPARTIDOS EN LA ETAPA DE PERFORACIÓN PARA MOVILIZAR LA INVERSIÓN PRIVADA

El esquema de costos compartidos en la etapa de perforación ha tenido éxito como mecanismo de reducción de riesgo en varios países, ayudando a la movilización de capital de riesgo para las actividades de exploración y confirmación de recursos geotérmicos. Este mecanismo puede ser particularmente apropiado si los gobiernos tienen como objetivo que el sector privado participe en el desarrollo de los recursos geotérmicos. El esquema de costos compartidos por lo general adopta una de las siguientes formas:

- **Costos de la perforación exploratoria compartidos entre el sector público y el sector privado.** En este esquema, el gobierno aporta una parte del capital de riesgo necesario para la perforación exploratoria inicial, con el propósito de apalancar los fondos restantes a partir de fuentes privadas, determinando una exposición reducida del desarrollador al riesgo de fracaso del proyecto.
- **Perforación exploratoria realizada directamente por el gobierno para facilitar la sucesiva participación del sector privado en las etapas más avanzadas del proyecto.** En este esquema, los organismos gubernamentales realizan el reconocimiento de superficie y la perforación exploratoria con fondos públicos para reducir el riesgo del recurso, facilitando la entrada de empresas privadas al momento de desarrollar la parte restante del proyecto (es decir, continuar con el desarrollo del campo y la construcción y operación de la planta geotérmica).

COSTOS DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA COMPARTIDOS

En un esquema típico de costos compartidos para la perforación exploratoria, donde el gobierno cubre el costo de una parte de las actividades de exploración, por lo general otorgando una donación a un desarrollador privado para que realice las actividades de perforación. Al hacerlo, reduce la exposición del desarrollador privado al potencial fracaso del proyecto por el riesgo del recurso. El objetivo de este esquema es reducir en grado suficiente el riesgo para que desarrolladores privados cualificados sean incentivados a ejecutar el desarrollo mediante la movilización del resto del capital de riesgo. En un esquema de costos compartidos, el gobierno y el desarrollador privado comparten el riesgo del fracaso del proyecto cuando se determine que el recurso geotérmico no es desarrollable.

La perforación exploratoria con esquema de costos compartidos se implementó exitosamente en Japón. En varios períodos durante diferentes décadas pasadas, los desarrolladores japoneses se beneficiaron enormemente de este esquema, que incluyó costos compartidos de hasta el 40% para los pozos de exploración, y del 20% para los pozos de producción e inyección. Este esquema de costos compartidos aceleró la instalación de la mayoría o de la totalidad de los 536 MW de energía geotérmica existentes actualmente en Japón. En los Estados Unidos, los desarrolladores pudieron confirmar recursos aptos para la producción en varios campos geotérmicos, en los que posteriormente fueron desarrollados unos 150 MW. En ambos países, el servicio geológico nacional identificó inicialmente los campos más prometedores que serían elegibles para la perforación bajo el esquema de costos compartidos, pero las actividades de perforación y desarrollo fueron realizadas por el sector privado. El gobierno, por su parte, revisó los planes de perforación y confirmó la capacidad del desarrollador privado para

RECUADRO 1 | Fondos para Mitigación del Riesgo Geotérmico – Ejemplos de Esquemas de Costos Compartidos en África y Latinoamérica

El Fondo de Mitigación de Riesgo Geotérmico (GRMF por sus siglas en inglés) desarrollado por KfW e implementado mediante la Comisión de la Unión Africana, es el primer esquema que reúne contribuciones de varios donantes, creado específicamente para apoyar la mitigación del riesgo geotérmico en África. El fondo pone a disposición de desarrolladores públicos y privados cualificados: 1) donaciones para los estudios de superficie, y 2) esquemas de costos compartidos para la perforación exploratoria. Con respecto a la perforación, los desarrolladores cualificados pueden recibir hasta el 40% del costo de hasta 2 pozos de exploración, más el 20% del costo de la infraestructura relacionada. En el caso de una exploración exitosa y posterior desarrollo del campo geotérmico, los desarrolladores pueden recibir un 30% adicional del costo predeterminado de los pozos de exploración a modo de “incentivo”. Los desarrolladores pueden solicitar una vez por año financiación a través de donaciones provenientes del GRMF, y sus solicitudes son evaluadas según estrictos criterios financieros y técnicos predeterminados. Cuatro proyectos en Kenia y Etiopía, que recibieron financiación a través de donaciones durante la primera convocatoria de propuestas realizada en diciembre de 2012, se encuentran actualmente en la etapa de exploración. Este esquema ha demostrado que la financiación para la exploración geotérmica puede ser movilizada mediante el apoyo del sector público con mecanismos de costos compartidos. Dado el éxito alcanzado en la primera convocatoria se realizó una segunda ronda que se completó al final de 2014.

El Fondo de Desarrollo de proyectos Geotérmico en América latina (GDF por sus siglas en inglés) aplica un esquema similar y es el primer esquema de multi-donantes que presta apoyo al desarrollo de la energía geotérmica en esta región. Este fondo ha sido desarrollado a partir de la experiencia adquirida en el GRMF, por KfW en cooperación con otros donantes e instituciones financieras, incluido el Banco Mundial, y contempla incluir: 1) un Fondo para Mitigación de Riesgos para la etapa inicial de perforación exploratoria; 2) Ventanas para la Financiación de Inversiones, con el fin de proveer apoyo específico para las subsecuentes inversiones en las etapas cruciales de perforación de producción y construcción; y 3) un Foro de Asistencia Técnica para coordinar los programas, existentes y planificados, de asistencia técnica de las instituciones donantes y financieras. El elemento clave en el GDF para Latinoamérica será una Donación de Contingencia (Contingency Grant), a la que podrán acceder desarrolladores públicos y privados cualificados, la cual cubriría el 40% del costo de hasta 3 pozos exploratorios (hasta un máximo predeterminado). En el caso de un pozo exploratorio no exitoso, la donación de contingencia se convertiría en una donación total sin ninguna otra obligación financiera para el desarrollador del proyecto. En caso de éxito, el 80% de la donación de contingencia se reembolsaría al Fondo de Mitigación de Riesgos Geotérmicos, convirtiéndose en capital disponible para otros proyectos cualificados. Para evitar cargas excesivas de capital de riesgo en los desarrolladores durante las sucesivas etapas de desarrollo del proyecto, el GDF también ofrecerá la refinanciación de los reembolsos como parte de paquetes de financiamiento más amplios a través de Ventanas para la Financiación de Inversiones. El GDF para Latinoamérica fue lanzado formalmente a fines del año 2014.

ejecutar el programa con éxito. En los Estados Unidos se requirió el acceso público a los resultados de las perforaciones, mientras que en Japón no se aplicó este requisito.

A continuación se resumen otros ejemplos de perforación exploratoria realizada con el esquema de costos compartidos.

- En África Oriental se está aplicando una estrategia de mitigación del riesgo a través de un fondo⁵ creado con el apoyo de instituciones internacionales de desarrollo. Dicho fondo contribuye con el 40% de los costos de los primeros dos pozos ubicados en un campo geotérmico (ver Recuadro 1).

- Un fondo similar⁶ está siendo considerado por parte de múltiples instituciones de desarrollo, incluido el Banco Mundial, para catalizar el desarrollo geotérmico en la región Latinoamericana (ver Recuadro 1).
- Australia implementó un esquema similar al de Japón, con donaciones para compartir los costos entre el sector público y el privado, que efectivamente movilizaron esfuerzos privados para llevar a cabo la perforación exploratoria. A diferencia de Japón, los fondos fueron destinados a proyectos de “Sistemas Geotérmicos Mejorados” (*Enhanced Geothermal Systems*, EGS por sus siglas en inglés, es decir, aquellos proyectos que requieren un importante mejoramiento de la permeabilidad para permitir una recuperación adecuada del calor), en lugar de proyectos hidrotermales convencionales, que representan casi el 100% de la capacidad de generación de energía geotérmica en el mundo. Dos fueron los factores que llevaron al gobierno australiano a introducir un programa de perforación con esquema de costos compartidos a nivel nacional y estatal: 1) La tecnología de los sistemas EGS no está comercialmente probada; y 2) muchas de las áreas geotérmicas potenciales en Australia se encuentran en sectores remotos que requieren una considerable infraestructura de transmisión, la cual impacta negativamente a la factibilidad financiera de los proyectos.
- Actualmente se está preparando un esquema de exploración con costos compartidos para su demostración en Nicaragua, con el apoyo del Banco Mundial.

La perforación exploratoria bajo el esquema de costos compartidos crea una liquidez adicional de capital de riesgo, el cual es a menudo escaso, excesivamente costoso, o ambos a la vez. Tras la confirmación del recurso, se espera que el desarrollador privado continúe con el desarrollo del campo de pozos y que construya la central eléctrica. Pueden considerarse también esquemas de reembolso en los cuales el desarrollador devuelve al gobierno la totalidad o una parte de los costos compartidos en el caso de pozos comercialmente exitosos, pero no existen ejemplos de aplicaciones similares hasta la fecha.

La perforación bajo el esquema de costos compartidos es particularmente efectiva cuando se presentan algunas o todas las condiciones que se detallan a continuación:

- el gobierno tiene el objetivo de incrementar rápidamente la capacidad de generación geotérmica, contando con la participación del sector privado, y ha implementado políticas específicas para apoyar a esa meta;
- el gobierno tiene capacidad limitada en las disciplinas relacionadas con el desarrollo geotérmico y aspira a movilizar experiencia e inversión del sector privado para explotar el potencial geotérmico del país;
- existe un nivel de experiencia y capacidades apropiadas para el desarrollo geotérmico por parte de los desarrolladores, y los fondos para los costos compartidos son distribuidos de manera transparente, con criterios claros, incluyendo a la capacidad del desarrollador para movilizar su parte del capital de riesgo para la perforación exploratoria; y
- cuando los recursos están confirmados con éxito, los beneficiarios de los fondos se comprometen a desarrollar las etapas posteriores a la exploración, hasta que el proyecto entre en operación (en lugar de vender los derechos de desarrollo a otro inversionista después de haber incrementado el valor mediante el esquema de costos compartidos).

En el esquema anteriormente descrito, los riesgos son compartidos entre el gobierno y el desarrollador, así que ambas partes tienen interés en que el proyecto resulte exitoso.

La perforación con costos compartidos es un esquema sencillo que provee financiación pública para cubrir todos o parte de los costos para la perforación de los pozos exploratorios iniciales, con el fin de confirmar la existencia del recurso geotérmico. Puesto que posteriormente a la etapa de exploración los riesgos del recurso pueden continuar, si bien en forma reducida, algunos programas han extendido el mecanismo de costos compartidos también a la subsiguiente etapa de perforación de los pozos de producción e inyección requeridos para el proyecto. El método de mitigación del riesgo en la perforación con costos compartidos requiere un compromiso de financiación pública significativamente menor que en el escenario de desarrollo completo por parte del gobierno, apalanca capital y experiencia del sector privado, y permite al gobierno y al desarrollador compartir las posibles pérdidas. Dado que la financiación bajo este esquema se realiza en general en forma de donación, los costos compartidos aseguran parcialmente el riesgo de exploración del recurso geotérmico por medio de recursos públicos, al reducir la exposición del desarrollador a potenciales pérdidas. Además el mecanismo reduce la cantidad de capital de riesgo adicional requerida para la exploración, y tiene un efecto catalizador al reducir la necesidad por parte de los desarrolladores de reunir los fondos restantes para la perforación. No obstante, la perforación con el esquema de costos compartidos no garantiza el éxito de un proyecto. Tras la perforación de exploración, algunos proyectos resultarán no ser viables a pesar del financiamiento público recibido. En esos casos, la inversión del gobierno puede que no sea recuperable, si se realizó bajo la forma de una donación. Sin embargo, se puede incluir un acuerdo que requiera a los proyectos exitosos (aquellos resultados factibles) reembolsar parte de la inversión del gobierno, compensando de esta manera parte de las pérdidas de recursos públicos resultantes de proyectos inviables. En cualquier caso, se ha demostrado que la perforación con costos compartidos reduce exitosamente los riesgos de exploración del recurso geotérmico, y de este modo acelera el desarrollo al catalizar la participación privada en el sector.

PERFORACIÓN EXPLORATORIA REALIZADA POR EL GOBIERNO PARA FACILITAR LA PARTICIPACIÓN DEL SECTOR PRIVADO EN ETAPAS MÁS AVANZADAS DEL PROYECTO

Bajo este enfoque, los organismos gubernamentales llevan a cabo la etapa de reconocimiento de superficie y de perforación exploratoria para avanzar con el proyecto y reducir el riesgo de inversión mediante la confirmación de los recursos geotérmicos. Los proyectos que tienen éxito con la confirmación del recurso, generan oportunidades de riesgo reducido que son ofrecidas a los desarrolladores privados bajo distintas modalidades de participación, para que éstos emprendan las siguientes etapas del desarrollo geotérmico. Este enfoque facilita la inversión privada gracias al mayor nivel de certidumbre sobre la viabilidad comercial del proyecto (puesto que el gobierno confirmó por adelantado el recurso geotérmico). No obstante, bajo este enfoque el gobierno asume todos los riesgos durante la etapa de perforación exploratoria y tendrá que absorber todas las pérdidas en las que incurra en el caso de que la perforación no sea exitosa. En algunos casos, parte de la inversión efectuada por el gobierno ha sido recuperada mediante distintos mecanismos aplicados en el ofrecimiento de proyectos de riesgo reducido al sector privado.

Existen varios casos en los que la acción del gobierno para reducir los riesgos de exploración inicial ha facilitado la posterior participación del sector privado. Por ejemplo:



- En el campo geotérmico San Jacinto-Tizate, en Nicaragua, la existencia del recurso geotérmico fue comprobada con perforaciones financiadas principalmente con fondos públicos por una empresa mixta,⁷ antes de otorgar a un desarrollador privado los derechos para realizar la perforación de producción, la ampliación del campo, y la construcción de la central eléctrica e instalaciones relacionadas.
- El desarrollo geotérmico Olkaria III, en Kenia, es otro caso en el cual un desarrollador público de energía (KenGen) realizó la perforación exploratoria inicial antes de ofrecer ese sector del campo a una empresa privada, la cual emprendió el desarrollo e instaló progresivamente 100 MW de capacidad de generación.
- En Turquía, un organismo público (la Dirección General de Investigación y Exploración Minera, MTA por sus siglas en turco) realizó la exploración y perforación inicial con distintos alcances en numerosos campos geotérmicos, que fueron luego entregados a entidades privadas, mediante un esquema de subastas, para que éstas se encargasen de las sucesivas fases de desarrollo.

Acciones similares están en marcha en Yibuti, Etiopía, y Dominica, con el apoyo del Banco Mundial y otras instituciones de desarrollo.

Cuando un gobierno ejecuta la totalidad de la perforación exploratoria inicial, inyecta capital de riesgo en el mercado, el cual no estaría disponible de otra forma. Una vez confirmado el recurso geotérmico, las condiciones del mercado deberían ser suficientes para que desarrolladores privados cualificados financien las etapas subsiguientes del desarrollo geotérmico. Sin embargo, algunos países en desarrollo puede que no tengan este clima de inversión, lo que debilita el desarrollo del sector. Puesto que bajo este

esquema el gobierno soporta todo el costo de la perforación exploratoria (y el riesgo de exploración), el volumen de financiación necesario es considerable. Parte de los fondos públicos pueden sin embargo ser recuperados mediante el reconocimiento del valor de la perforación exploratoria y de la reducción de riesgo asociada, de parte de los desarrolladores privados que posteriormente reciben el proyecto.

El esquema con perforación exploratoria realizada por el gobierno es eficaz bajo condiciones similares a las del esquema de perforación con costos compartidos. Dicho esquema funciona mejor cuando: 1) el gobierno ha definido con claridad las metas y la intención de movilizar la experiencia y financiación del sector privado; y 2) existen desarrolladores privados cualificados con interés y capacidad para participar en las sucesivas etapas del desarrollo geotérmico. La selección de desarrolladores cualificados en base a criterios claros y con procesos transparentes ayuda a maximizar el valor y el impacto de la inversión pública realizada. Asimismo, el esquema con perforación exploratoria realizada por el gobierno para facilitar la participación privada en el desarrollo geotérmico requiere las siguientes condiciones:

- el gobierno debe contar con la capacidad suficiente para tomar a su cargo y gestionar el reconocimiento de superficie, la perforación exploratoria, y la confirmación del recurso, de conformidad con los estándares de la industria geotérmica; y
- el gobierno cuenta con los fondos necesarios para cubrir el costo total de las actividades de reconocimiento y de perforación necesarias para confirmar los recursos geotérmicos, y tiene capacidad para absorber las potenciales pérdidas en el caso de que algunos proyectos resulten comercialmente inviables.

Un esquema con perforación exploratoria y confirmación del recurso geotérmico realizada por el gobierno puede ser más atractivo para los desarrolladores privados, ya que provee un mayor nivel de certidumbre y una mayor cobertura del riesgo en comparación con un esquema de costos compartidos. Sin embargo, si la perforación no se realiza de acuerdo con los estándares internacionales de la industria geotérmica, el mercado puede perder confianza y va a ser más costoso y desafiante atraer a desarrolladores privados cualificados. En el caso de que la capacidad y experiencia del gobierno sean inadecuadas para realizar con éxito la perforación exploratoria, el esquema de costos compartidos puede ser más apropiado y menos costoso. La perforación exploratoria con costos compartidos puede ser también una buena opción para fomentar el desarrollo geotérmico cuando el gobierno ya haya asignado derechos al sector privado, pero el avance de los proyectos se encuentra estancado debido a los riesgos relacionados con el recurso geotérmico.

OTROS ESQUEMAS PARA FACILITAR LA PARTICIPACIÓN DEL SECTOR PRIVADO

Existen otras modalidades en las cuales los gobiernos han utilizado la inversión pública para movilizar la participación y financiación privada en el desarrollo geotérmico. En varios casos, el sector público ha tomado totalmente a su cargo la responsabilidad de desarrollar el campo de pozos, asumiendo el riesgo de la perforación exploratoria y de producción, antes de invitar desarrolladores privados a participar. Este tipo de esquema va más allá de manejar la etapa de exploración de mayor riesgo y se extiende hasta reducir todo el riesgo del recurso completando todas las etapas de perforación (desarrollo “*upstream*”) antes de movilizar a Productores Independientes de Energía (IPP por sus siglas en inglés) para desarrollar la fase “*downstream*” del proyecto, es decir la construcción de la central eléctrica y de la infraestructura de

superficie asociada. Considerando que el gobierno está asumiendo un rol más amplio en el desarrollo geotérmico, el financiamiento requerido para el reconocimiento de superficie, y para la perforación exploratoria y de producción será mayor que en los esquemas de costos compartidos o de perforación exploratoria realizada por el gobierno, anteriormente descritos. Este enfoque podría reducir considerablemente el riesgo y hacer que los proyectos sean más atractivos para los productores independientes de energía. Sin embargo, dado que el organismo gubernamental que desarrolla el campo de pozos comúnmente sigue supervisando la operación del campo durante toda la vida del proyecto, este esquema puede también introducir un tipo de riesgo comercial diferente para el productor independiente de energía, asociado con el hecho de que dependerá continuamente de un organismo público para el suministro de vapor para su central eléctrica.

Los siguientes dos ejemplos de este tipo de mecanismo son ilustrativos:

- El recurso de vapor para el proyecto Miravalles III de 27.5 MW, en **Costa Rica**, fue desarrollado y suministrado por la empresa eléctrica estatal, Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), mientras que un productor independiente de energía (IPP) operó la central eléctrica bajo un acuerdo de construcción-operación-transferencia (BOT, por sus siglas en inglés). En este caso, el ICE fue también el comprador de la electricidad, lo cual redujo el riesgo de que potenciales problemas en el suministro de vapor pudieran crear un conflicto para el IPP, a la hora de cumplir con sus obligaciones de generación de electricidad.
- En **Kenia**, la Empresa de Desarrollo Geotérmico (GDC por sus siglas en inglés), respaldada por el gobierno, tiene bajo su responsabilidad todas las actividades de desarrollo del recurso geotérmico, y venderá vapor de forma continua a productores independientes (IPP) que suministrarán energía a Kenya Power and Light Company —una empresa separada, distribuidora de electricidad. Para acelerar el desarrollo geotérmico, GDC está considerando también otros modelos de asociación público-privada (PPP, por sus siglas en inglés), como la participación del sector privado en la etapa de perforación inicial en determinados campos geotérmicos. Sin embargo, considerando que los esfuerzos de GDC no han conducido aún a la generación de electricidad con el recurso geotérmico, no se puede evaluar de forma concluyente el impacto de este enfoque.

PRIVATIZACIÓN DE ACTIVOS GEOTÉRMICOS DESARROLLADOS POR EL GOBIERNO

En varios casos, organismos gubernamentales u organismos respaldados por el gobierno que desarrollan y operan instalaciones geotérmicas (operaciones *upstream* y *downstream*), han sido privatizados total o parcialmente cuando estaban lo suficientemente maduros y en condiciones de acceder a los mercados de capitales. En El Salvador, Filipinas y, más recientemente, en Nueva Zelanda, la capacidad geotérmica desarrollada por el sector público fue posteriormente transferida en distintos grados para alentar la participación del sector privado en los proyectos geotérmicos. Si bien la privatización de los activos geotérmicos públicos puede ser una decisión estratégica que un gobierno puede adoptar para fomentar la inversión del sector privado y liberar sus propios recursos, en principio es un esquema geotérmico financiado por el sector público, similar a los descritos anteriormente. Aunque este mecanismo haya logrado movilizar capacidad y capital del sector privado, estos desarrolladores pueden enfrentar desafíos similares a los de otros desarrolladores privados en cuanto a movilizar capital de riesgo en el futuro.

RECUADRO 2 | Transferencia de Propiedad del Sector Público al Sector Privado mediante desinversión en Organismos de Desarrollo Geotérmico: Ejemplos en Filipinas y El Salvador

En algunos casos, el gobierno ha asumido el rol de desarrollador geotérmico a gran escala por un período, desinvirtiendo luego todo o parte del organismo creado para el desarrollo geotérmico. Por ejemplo, en Filipinas, la empresa Philippine National Oil Company creó un organismo específico (Energy Development Corporation —EDC por sus siglas en inglés) con el mandato de explorar, desarrollar, producir, generar y comercializar fuentes de energía autóctona, incluida la energía geotérmica. En 2007, después de desarrollar una capacidad instalada superior a 1,100 MW, EDC fue privatizada y actualmente opera como una empresa que cotiza en bolsa de valores con importantes operaciones geotérmicas en Filipinas e interesada en proyectos localizados en varios otros países, incluyendo a la región Latinoamericana.

Inicialmente el desarrollo geotérmico de El Salvador estuvo a cargo de la empresa eléctrica estatal Comisión Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), que creó una unidad geotérmica específica (inicialmente llamada GESAL, posteriormente LaGeo) para desarrollar y operar los recursos geotérmicos del país. LaGeo actualmente opera aproximadamente 200 MW en dos campos geotérmicos. Tras una convocatoria de licitación realizada en el año 2001, la subsidiaria de energía renovable de la empresa de electricidad italiana (Enel Green Power) compró el 9% de participación en LaGeo en 2002, y gradualmente incrementó su participación hasta el 36%, quedando las acciones restantes bajo la titularidad del Gobierno de El Salvador. Después de varios años funcionando bajo estos acuerdos, LaGeo volvió bajo el control total del Gobierno después de que Enel Green Power vendiera sus acciones.

La Tabla 2 presenta un resumen de los países que han implementado diversos esquemas de costos compartidos y reporta una estimación de la capacidad geotérmica resultante. Como se puede observar, se han desarrollado aproximadamente 3 GW de energía geotérmica como resultado de esquemas de costos compartidos y de otros esquemas similares de mitigación del riesgo que se han descrito anteriormente.

Tabla 2: Capacidad de Generación Geotérmica Estimada Resultante de los Esquemas de Costos Compartidos

País	Numero de campos geotérmicos con apoyo financiero	Capacidad instalada resultante (MW)
Costa Rica	1	30
El Salvador	1	44
Guatemala	2	52
Nicaragua	1	70
Indonesia	1	60
Filipinas	5	1.260*
Nueva Zelanda	6	547
Estados Unidos	6	150*
Turquía	5	215*
Japón	15	534*
Kenia	1	100
TOTALS:	44	3.062

Nota: * Capacidad Estimada. Actualizado a mediados del 2014.



5. SEGURO DE COBERTURA DE RIESGO DEL RECURSO GEOTÉRMICO

El seguro de cobertura de riesgo del recurso está diseñado para asegurar la productividad de un pozo geotérmico, la cual puede ser definida en términos de capacidad en MW, o en mediante una combinación de caudal y entalpía. Después de que el asegurador realice el proceso inicial de debida diligencia (*due diligence*) del recurso geotérmico, el desarrollador y el asegurador determinan de forma conjunta los criterios de éxito. En base a la probabilidad de activación del seguro, el asegurador definirá luego el valor de la prima que deberá pagar el desarrollador por la póliza de seguro. Si bien el proceso de perforación en sí puede ser también asegurado, en este documento se supuso que solamente la productividad del pozo está cubierta por el seguro y que es responsabilidad del desarrollador garantizar que se alcance la meta de perforación establecida. Después de realizar la perforación, se confirman los resultados mediante distintas pruebas. Si el resultado está fuera del rango de éxito convenido por las dos partes, tendrá lugar un pago del asegurador al desarrollador para cubrir sus “pérdidas”. Si bien en el pasado se han asegurado pozos individuales, la tendencia actual es cubrir la producción conjunta de un grupo de pozos.

Hasta la fecha se ha hecho un uso limitado de los esquemas de seguro, por dos razones principales: 1) el desarrollo geotérmico es un sector globalmente pequeño, y hasta la fecha las compañías de seguros no han podido acumular un volumen de negocio apropiado para que dicha cobertura sea eficiente (es decir, una cartera lo suficientemente amplia para distribuir el riesgo); 2) dado el importante grado de incertidumbre que existe durante la etapa de exploración, las primas son generalmente elevadas y quizás no sean accesibles para algunos desarrolladores. Por otra parte, con una póliza de seguro, un desarrollador puede atraer capital de riesgo que de otra forma no estaría disponible.

Varios países han intentado aplicar este esquema (principalmente Francia y Alemania) con un éxito modesto. Gracias en parte al elevado valor del precio regulado (FIT) para la energía geotérmica, Alemania ha tenido algún éxito en la implementación de este tipo de seguro. Actualmente se están realizando esfuerzos en Turquía, Kenia y Estados Unidos para implementar seguros similares. Los países con programas de desarrollo geotérmico incipientes, y con pocos pozos perforados, pueden considerar otros esquemas para reducir primero los riesgos del recurso geotérmico, tal como el esquema de perforación exploratoria con costos compartidos, y luego utilizar el seguro de riesgo geotérmico en la etapa de perforación de producción, con el objetivo de equilibrar los riesgos de inversión después de haber obtenido un mayor conocimiento de las características del campo y del recurso geotérmico.

El seguro reduce el riesgo de que los resultados de perforación sean perjudiciales para el desarrollador e incentiva el desarrollo geotérmico al movilizar capital propio que de otra manera no se invertiría por la exposición percibida a potenciales pérdidas financieras. Si bien este esquema no tiene que contar con fondos del gobierno, y es típicamente financiado por entidades privadas, el número de compañías que actualmente ofrecen este tipo de producto en todo el mundo es muy limitado. Para cubrir el alto grado de incertidumbre existente durante la etapa de perforación exploratoria y seguir siendo solventes, las compañías aseguradoras deben cobrar primas relativamente altas, lo cual incrementa la inversión inicial en los proyectos más allá del costo de la perforación exploratoria. A comienzos de la década de 1980, una compañía aseguradora ofrecía este esquema de seguros en los Estados Unidos pero ningún desarrollador mostró interés

en participar por las altas primas exigidas. Actualmente, existen pocas compañías de seguros en el mundo que parezcan estar dispuestas a asegurar el riesgo e incertidumbre del recurso geotérmico, y se han requerido circunstancias especiales (como el elevado valor del precio regulado de la energía geotérmica en Alemania) para que se creara un mercado para este tipo de seguros.

Hasta la fecha, solamente se han desarrollado e impulsado unas pocas decenas de MW mediante la aplicación del seguro de riesgo geotérmico. Aunque este esquema puede haber ayudado a movilizar algunas inversiones en la etapa de exploración en Alemania, el elevado subsidio a la generación (FIT ~\$US 0.30/kWh) ha probablemente jugado un rol más importante en la aceleración del desarrollo geotérmico que el seguro mismo.

Los esquemas de seguro del riesgo geotérmico son relativamente complejos de implementar, operar y monitorear. Una vez que el desarrollador ha elegido un campo geotérmico, existen numerosos requerimientos (varían según el asegurador) para calificar y obtener el seguro. El proyecto pasa primero por un riguroso proceso de debida diligencia (*due diligence*) para ser elegible; debe contar con todos los permisos, licencias, aprobaciones, documentación de acceso, exploración y planos de perforación, los cuales deben ser entregados al asegurador para su revisión. La disponibilidad limitada de información actuarial a nivel global sobre los pozos geotérmicos y la incertidumbre inherente a la perforación exploratoria dificulta determinar las primas y predecir los pagos potenciales en una cartera. Para los pozos que cuentan con el seguro de riesgo geotérmico, el desarrollador provee al asegurador resultados detallados de la perforación, mediciones y pruebas. Por lo general, se presenta por adelantado un programa para la remediación del pozo, que es aplicado por el desarrollador si el resultado inicial del pozo no cumple con la productividad mínima predeterminada. Las pruebas de productividad del pozo son supervisadas y certificadas por un consultor independiente. Una vez terminada la perforación de los pozos asegurados, se analizan los resultados de las pruebas de producción para determinar si amerita el pago de beneficios por parte del seguro.

Mediante un esquema de seguro de riesgo geotérmico, el desarrollador puede trasladar parte o la totalidad del riesgo de perforación al asegurador, al tiempo que el desarrollador paga el costo de la prima. El asegurador puede decidir crear una cartera con otros proyectos geotérmicos para diversificar el riesgo de pérdidas entre desarrollos geotérmicos con distintos niveles de incertidumbre. Tal como se mencionó más arriba, esta es la tendencia actual en los seguros de productividad de pozos geotérmicos; sin embargo, la experiencia y el éxito alcanzado en este tipo de operaciones es todavía muy limitado.

6. INCENTIVOS FISCALES PARA LA ETAPA INICIAL

Los incentivos fiscales que reducen el costo de exploración no son mecanismos específicos para la mitigación del riesgo del recurso geotérmico, pero pueden tener un efecto catalizador sobre la movilización de capital de riesgo para la etapa de perforación, semejante a un esquema parcial de costos compartidos. Varios han sido los países que han implementado ciertos incentivos fiscales con el fin de apoyar el desarrollo de proyectos geotérmicos en las etapas de exploración y perforación inicial. Estos incentivos incluyen la exención de ciertos impuestos y aranceles de importación, los cuales reducen el monto total de capital de riesgo requerido para confirmar el recurso geotérmico. Este tipo de mecanismos tienen un impacto modesto en la reducción de la exposición del desarrollador a las pérdidas que potencialmente pueden resultar de una perforación exploratoria no exitosa. Por esta razón, son más adecuados como política complementaria a esquemas de mitigación de riesgo más específicos.

Existen varios países que aplican este tipo de incentivos bajo diferentes modalidades. Algunos ejemplos incluyen la reducción de los ingresos imposables (Indonesia), deducción fiscal del 100% en las inversiones en energías renovables (México), exención de los impuestos a la importación de maquinaria para el desarrollo geotérmico (Indonesia y Filipinas), y exención de todos los impuestos (excepto el impuesto sobre la renta) para los desarrolladores de proyectos geotérmicos (Filipinas).

Estos incentivos se implementan mediante instrumentos legislativos que reforman la estructura fiscal de un país. Su aplicación no requiere por lo general un apoyo financiero inicial significativo por parte del sector público, aunque pueden resultar en la pérdida de algunos ingresos fiscales. Los créditos fiscales (como el Crédito Fiscal por Inversión y el Crédito Fiscal por Producción que se aplica en los Estados Unidos) han ayudado a numerosos desarrollos geotérmicos y es probable que hayan tenido también algún impacto en el ritmo de desarrollo de esta tecnología. Sin embargo, es complicado identificar y cuantificar dicho impacto.

Considerando que los incentivos fiscales generalmente forman parte de la política arancelaria general de un país, el gobierno no suele realizar un análisis específico de cada proyecto que puede beneficiarse de los mismos. Los requerimientos específicos de gestión y supervisión son definidos por la legislación creada para cada uno de los incentivos, pero son normalmente moderados ya que forman parte de la estructura fiscal general. Estos requisitos y la metodología asociada varían según el país y requieren un buen conocimiento de las políticas fiscales y leyes correspondientes para acceder a los beneficios y cumplir con las obligaciones asociadas.

Diferentes gobiernos han ofrecido y garantizado varias ventajas fiscales para fomentar el desarrollo de las energías renovables, con la esperanza de recibir paulatinamente un mayor nivel de ingresos proveniente de los proyectos rentables. El gobierno corre un riesgo si el proyecto no se desarrolla, por los ingresos fiscales no percibidos que serían irrecuperables. No obstante, como ya se ha mencionado, los incentivos fiscales son generalmente aplicados en el margen para fomentar las inversiones en geotermia y otras energías renovables, mientras que gran parte del riesgo del recurso y del fracaso del proyecto es asumido por el desarrollador.



7. OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ACEPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO GEOTÉRMICO

Existen también esquemas alternativos y estrategias complementarias para la promoción de las energías renovables e, indirectamente, para mitigar el riesgo e incentivar la inversión en el sector geotérmico. Algunos de esos esquemas son:

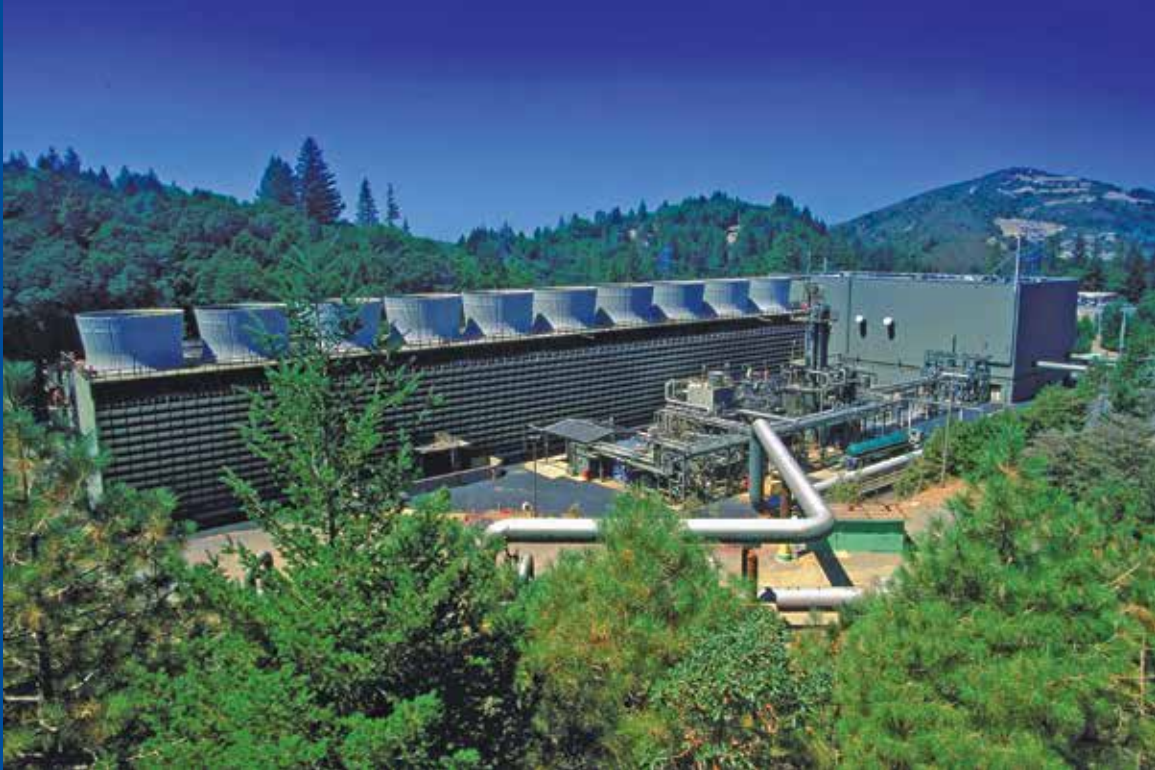
- **Cartera de Estándares de Energía Renovable (RPS)**, que incluyen una meta de porcentaje de energía renovable para la matriz energética de un país, estado, o empresa de servicios públicos.
- **Tarifas reguladas** (*Feed-in Tariffs*, FIT), que fijan precios mínimos para la energía renovable y obligan a la compra de la electricidad generada por estas tecnologías.
- **Garantías de Préstamos** para proyectos geotérmicos.
- **Créditos fiscales**, como los Créditos Fiscales por Inversión (ITC, por sus siglas en inglés) antes del comienzo de la generación de electricidad, o Créditos Fiscales por Producción (PTC, por sus siglas en inglés) para los proyectos geotérmicos en operación.
- **El desarrollo de la infraestructura asociada** (carreteras y líneas de transmisión) es otra forma de facilitar el desarrollo geotérmico, especialmente en zonas remotas.

Si bien no todos estos mecanismos son esquemas específicos de “mitigación de riesgo del recurso”, sí pueden mejorar la factibilidad general de una inversión, pudiendo así atraer inversión privada para el desarrollo geotérmico. El incremento de los retornos del proyecto que pueden recibir los desarrolladores puede llegar a compensar algunos de los riesgos, convirtiendo el desarrollo geotérmico en una oportunidad de inversión más atractiva. El mayor potencial de ganancia puede aliviar el peso de la financiación del proyecto e impulsar el avance de su desarrollo.

El esquema del Créditos Fiscales por Inversión (ITC, por sus siglas en inglés) está disponible en los Estados Unidos y proporciona crédito fiscal del 10–30% del costo de inversión de capital en un proyecto geotérmico. El ITC se paga cuando finaliza la construcción de la central eléctrica. Este tipo de incentivo fiscal aumenta la relación entre los ingresos (después de impuestos) y los gastos (después de impuestos) en un proyecto.

El Crédito Fiscal por Producción (PTC, por sus siglas en inglés) también está disponible en los Estados Unidos. La legislación de estímulos financieros de 2009 incluyó un mecanismo para una donación inicial en efectivo bajo ITC en lugar de PTC, otorgando así beneficios a empresas que tenían pasivos fiscales limitados, una vez que el proyecto entrara en operación. El PTC se paga durante toda la vida útil de un proyecto en operación, a una tasa de \$0.02/kWh.

Las atractivas FIT que se ofrecen para la energía geotérmica en países como Alemania son generalmente calculadas sobre la base de los costos de desarrollo. Considerando que los recursos geotérmicos de Alemania son a menudo profundos y de difícil desarrollo, el precio que ha sido establecido para la energía geotérmica es en consecuencia elevado. Las carteras de estándares de energías renovables (RPS) establecen



esencialmente un mandato para que un estado, región o compañía de servicios públicos cuente con un porcentaje específico de fuentes de energías renovables. Esto ha resultado en precios ofertados más altos para dichas energías, dada la necesidad de movilizar inversiones para cumplir con las obligaciones establecidas. Las mejoras derivadas de estos mecanismos en los retornos a largo plazo para los desarrolladores han contribuido a promover las inversiones en proyectos geotérmicos.

Todos estos esquemas reducen en parte el riesgo asumido por el desarrollador, reduciendo las necesidades de inversión de capital inicial (en el caso del ITC) y aumentando el retorno efectivo (en el caso del PTC, RPS or FIT). Básicamente, estos esquemas incentivan al desarrollador a aceptar mayores riesgos por retornos más elevados, pero no eliminan el riesgo en caso de que el proyecto no avance después de la perforación exploratoria por resultar inviable. Dado que la mayoría de estos incentivos se basa en la producción, los proyectos deben estar en operación y producir electricidad para obtener los beneficios. Esto no necesariamente ayuda a movilizar capital de riesgo para la etapa de exploración, ya que si el proyecto se detuviera en cualquiera de las etapas de desarrollo, el desarrollador asumiría la pérdida.

8. IMPACTO DE LAS ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DEL RIESGO EN LA EXPANSIÓN DE LA ENERGIA GEOTÉRMICA-CASOS ILUSTRATIVOS

Con el propósito de ilustrar cómo han funcionado hasta la fecha las distintas estrategias de mitigación del riesgo geotérmico, se revisaron los mecanismos adoptados en varios países, incluyendo aquellos en los que se ha tenido lugar un importante desarrollo geotérmico (Japón, Kenia, Nicaragua, Filipinas, Turquía y Estados Unidos) y aquellos que han proporcionado un apoyo considerable al desarrollo geotérmico pero que actualmente tienen una producción de energía geotérmica baja o nula (Australia, Chile y Argentina). Las estrategias de mitigación del riesgo han tenido resultados diferentes en distintos países. Por ejemplo, en **Australia**, se invirtieron aproximadamente AU\$300 millones (alrededor de US\$263 millones) en el desarrollo geotérmico con AU\$50 millones (aproximadamente US\$44 millones) específicamente destinados para las actividades de perforación, lo cual promovió la perforación de numerosos pozos, a pesar de que todos los prospectos geotérmicos en el país tienen muchas limitaciones, por las características naturales del recurso (profundo y de baja permeabilidad) y por la infraestructura de transmisión (los mejores recursos se encuentran muy alejados de los puntos de acceso a la red). Análogamente, en **Chile** tanto el sector público como el sector privado han invertido en el sector geotérmico a partir de la década de 1960, pero hasta la fecha no existe producción de energía geotérmica. Como en Australia, los recursos geotérmicos en Chile se encuentran en zonas remotas, pero el gobierno chileno, los inversionistas internacionales y los productores independientes de energía todavía están comprometidos con el desarrollo de un mercado geotérmico exitoso. El Fondo de Tecnologías Limpias (CTF, por sus siglas en inglés), uno de los Fondos Globales de Inversión Climática, a través del Grupo del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo, está apoyando al Gobierno de Chile en este aspecto.

En **Japón**, el desarrollo geotérmico comenzó a principios de la década de 1970, con un importante período de crecimiento entre 1975 y 1995 (ver Figura 2). En este período fue aplicado con éxito el mecanismo de costos compartidos para estimular los proyectos geotérmicos. Posteriormente, la política gubernamental cambió y los programas de perforación con costos compartidos fueron cancelados porque se consideró que el desarrollo geotérmico era una tecnología madura que ya no necesitaba el apoyo del gobierno. A partir de este cambio, no se emprendieron nuevos desarrollos geotérmicos en Japón durante casi veinte años, durante los que la capacidad geotérmica instalada permaneció en 536 MW. Recientemente, el terremoto de Fukushima y el consiguiente cierre de centrales nucleares en el país han renovado el interés del gobierno en prestar apoyo al sector geotérmico. Como parte del esfuerzo para diversificar la matriz energética, el gobierno japonés aprobó una legislación en el año 2012 que estableció tarifas reguladas (*feed in tariff – FIT*) atractivas para la energía renovable. La tarifa es de ¥42/kWh (\$0.40/kWh) para los proyectos geotérmicos que generen menos de 15 MW, y de ¥27.3/kWh (\$0.36 kWh) para proyectos de 15 MW o más. Al mismo tiempo, ha habido cierta flexibilización en las restricciones para desarrollar los recursos geotérmicos en el interior y alrededor de los parques nacionales de Japón. Estos cambios, junto con la existencia de abundantes recursos geotérmicos, pueden impulsar el crecimiento del mercado geotérmico japonés en los próximos años.

Kenia es un ejemplo bastante exitoso en el cual el gobierno asumió en forma total o parcial el rol de desarrollador a través de distintos organismos públicos. El desarrollo geotérmico comenzó a inicios de la década de 1970 por parte de la empresa eléctrica estatal, luego se estancó debido a la lentitud de las actividades y, en ocasiones, por falta

Figura 2 | Capacidad de Energía Geotérmica Instalada en el Tiempo en Japón

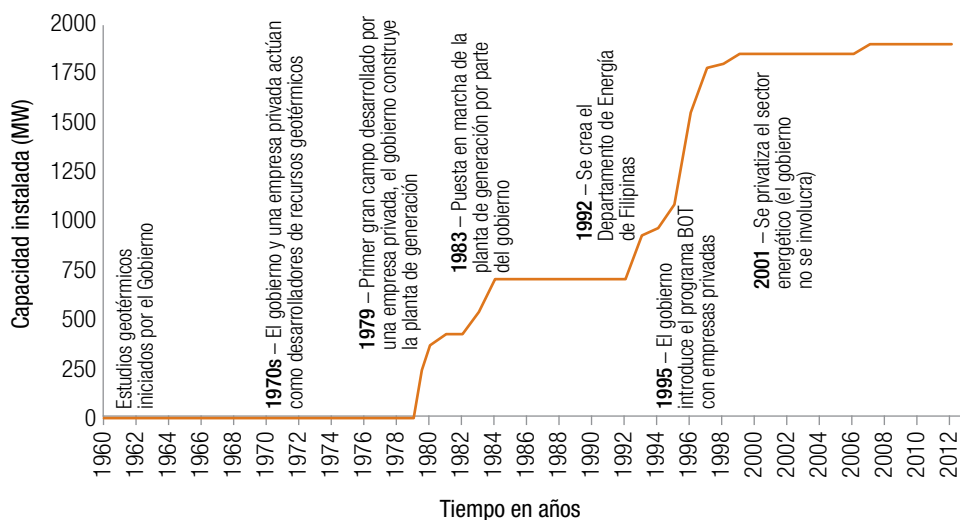


de financiamiento. Un mayor interés por parte de instituciones de desarrollo y la entrada de productores independientes de energía (incluido un productor independiente de energía geotérmica en el campo geotérmico Olkaria) estimuló luego cierto crecimiento del sector geotérmico en este país. Se prevé que la reciente creación de la compañía estatal Geothermal Development Company (GDC), que está haciendo esfuerzos para mitigar los riesgos del recurso geotérmico, y el interés de productores independientes de energía privados (IPP), puedan contribuir a un ulterior crecimiento del sector. Algunos proyectos recientes en Kenia han recibido el apoyo del Fondo de Mitigación de Riesgo Geotérmico para África (GRMF por sus siglas en inglés), solicitando apoyo mediante el esquema de perforación con costos compartidos. En este sentido, el ejemplo de Kenia muestra cómo se puede estimular el desarrollo geotérmico mediante la combinación de:

- esquemas de mitigación del riesgo inicial con financiamiento total y/o parcial por parte del gobierno;
- precio garantizado de la energía (o del vapor, en el caso de que GDC venda vapor a un productor independiente de energía); diferentes esquemas de desarrollo (todo a cargo del gobierno; todo a cargo del productor independiente de energía; exploración inicial y posiblemente la perforación a cargo del gobierno, con subsiguiente concesión del recurso geotérmico a productores independientes de energía para su desarrollo; creación de asociaciones público-privadas); y,
- un importante programa coordinado para desarrollar la infraestructura de transmisión, con el fin de facilitar el acceso a la red de los campos geotérmicos ubicados en zonas remotas.

El desarrollo geotérmico de **Nicaragua** siguió inicialmente un esquema similar al de Kenia, con el gobierno como único desarrollador en las primeras etapas de perforación. Sin embargo, Nicaragua no tiene un organismo gubernamental específico para el desarrollo de proyectos geotérmicos, y no fue hasta comienzos de la década del 2000 que concedió una licencia de exploración a un productor independiente de energía. El ritmo de desarrollo se estancó durante la década de 1990, pero se ha reactivado recientemente por el interés de algunos productores independientes de energía y de los bancos de desarrollo. Actualmente, el Gobierno de Nicaragua está trabajando con el Banco

Figura 3 | Capacidad Geotérmica Instalada versus Tiempo en Filipinas



Mundial en el diseño e implementación de un esquema de mitigación del riesgo geotérmico con mecanismo de costos compartidos mediante el apoyo de fondos de desarrollo.

En **Filipinas**, el Instituto de Vulcanología estatal comenzó los estudios sobre energía geotérmica en 1962, y en 1967 consiguió encender la primera bombilla con energía geotérmica. En 1976, la empresa Philippine National Oil Company (PNOC, empresa nacional de hidrocarburos) creó una subsidiaria específica para la geotermia (Energy Development Corporation, o EDC) la cual se encargó de explorar, descubrir y desarrollar numerosos recursos geotérmicos en varias islas del país. Simultáneamente, el gobierno invitó a una compañía petrolera internacional (Union Oil Company) a realizar actividades de exploración y desarrollo geotérmico en el país. Posteriormente, la Union Oil Company creó la empresa Philippine Geothermal, Inc. (PGI) para que se encargara de dichas actividades. En la década de 1970, EDC instaló unas pocas unidades de generación de boca-pozo. En 1979, PGI desarrolló dos campos geotérmicos importantes, mientras que la empresa estatal National Power Corporation (NPC) construyó varias centrales eléctricas importantes y comenzó a vender energía geotérmica a los consumidores. Estas actividades resultaron en un rápido desarrollo de la energía geotérmica entre 1979 y 1983, como se muestra en la Figura 3, cuando NPC instaló la primera gran central eléctrica alimentada por vapor derivado de un campo geotérmico desarrollado por PNOC.

Los campos geotérmicos más prometedores fueron desarrollados durante este período. Posteriormente, el ritmo de desarrollo se ralentizó durante casi una década. En 1992 se creó el Departamento de Energía, que se involucró en el sector geotérmico. Entre 1992 y 1995 hubo un importante crecimiento en la capacidad geotérmica del país, gracias al desarrollo de nuevos campos por parte de PNOC y a la instalación de centrales eléctricas por parte de NPC. En 1995, el gobierno firmó varios contratos del tipo construcción, operación y transferencia (BOT, por sus siglas en inglés) con desarrolladores privados de energía, para utilizar vapor suministrado por EDC. Entre 1995 y 1999, el desarrollo de campos geotérmicos por parte de EDC y la construcción de centrales eléctricas mediante contratos BOT resultaron en un incremento importante en la capacidad instalada de energía geotérmica en el país. En cuanto EDC maduró como empresa y pudo acceder a los mercados de capitales, fue privatizada con el apoyo del Grupo Banco Mundial, y en 2001 se convirtió en un operador geotérmico privado que ha iniciado su

expansión internacional, incluyendo América Latina. Actualmente, Filipinas está viviendo una nueva ola de desarrollo geotérmico, en la cual el gobierno ya no participa de forma activa. En muchos aspectos, la historia de Filipinas muestra un excelente ejemplo de equilibrio entre participación pública y privada que impulsó un rápido crecimiento del desarrollo geotérmico.

En **Turquía**, el desarrollo de la energía geotérmica también fue iniciado por el gobierno, subdividiendo la administración de los recursos geotérmicos entre el gobierno nacional (para investigación y generación de electricidad) y los gobiernos provinciales (para calefacción urbana y usos directos del calor). El desarrollo geotérmico fue lento hasta el 2005, año en el cual la Dirección General de Investigación y Exploración Minera estatal (MTA, por sus siglas en turco) hizo público su inventario de manifestaciones termales de Turquía y el gobierno modificó las leyes para descentralizar la producción de energía. Se implementaron la Ley de Energías Renovables y otras leyes relacionadas, incluyendo una normativa de tarifas reguladas (*feed-in tariff, FIT*), que resultaron, a partir de 2008,

Tabla 3 | Proyectos Geotérmicos en Desarrollo en Turquía (actualizado a Octubre de 2014)

Nombre del Proyecto	Provincia-Ubicación	Capacidad Instalada (MW)	Año de Inicio	Perforación inicial por MTA?
Kızildere 1	Denizli-Sarayköy	15,00	1984	Si
Dora-1	Aydın-Salavatlı	7,50	2006	Si
Bereket	Denizli-Sarayköy	6,50	2007	Si
Germencik 1	Aydın-Germencik	47,50	2010	Si
Tuzla	Çanakkale-Tuzla	7,50	2009	Si
Dora-2	Aydın-Salavatlı	12,00	2010	No*
Kızildere 2	Denizli-Sarayköy	60,00	2014	Si
		20,00	2014	Si
Irem	Aydın-Germencik	20,00	2014	Si
Pamukoren 1+2	Aydın-Pamukoren	44,00	2013	Si
Gumuskoý 1	Aydın-Germencik	6,60	2013	No
Gumuskoý 2	Aydın-Germencik	6,60	2014	No
Sinem	Aydın-Germencik	22,50	2012	Si
Deniz	Aydın-Germencik	22,50	2012	No*
Dora 3U1	Aydın-Salavatlı	21,00	2013	No*
TR1	Manisa-Alasehir	24,00	2014	No
Dora 3U2	Aydın-Salavatlı	20,00	2014	No*
Germencik 3	Aydın-Germencik	25,00	2014	No*
Kerem	Aydın-Germencik	22,50	2014	No*

* Presencia de pozos exploratorio de MTA en las cercanías, pero no en la propia zona del Proyecto.

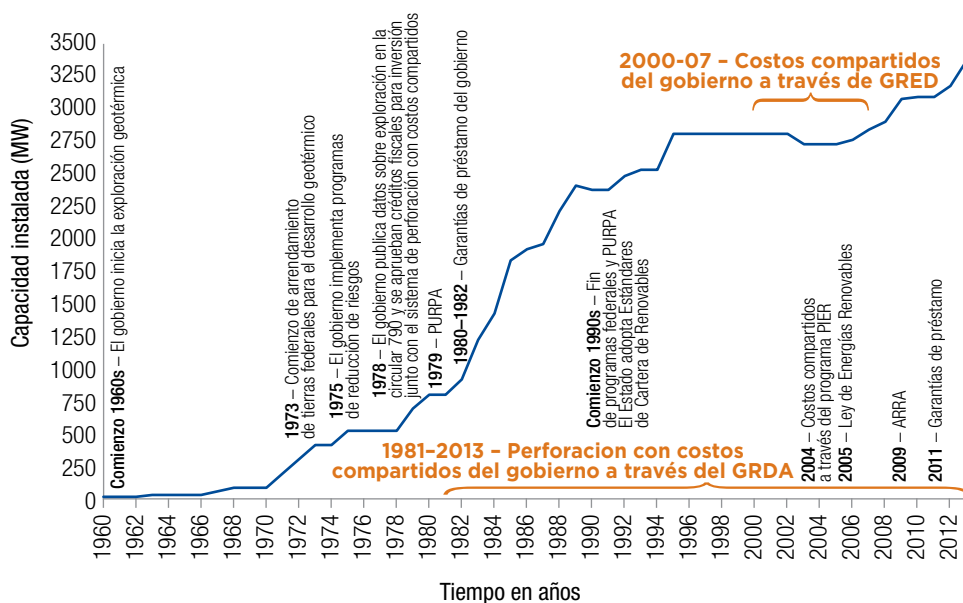
Nota: actualizado a Octubre de 2014.

en un aumento de la producción de energía geotérmica. Los campos geotérmicos que ya contaban con ciertos niveles de exploración, y que en muchos casos tenían algunas perforaciones realizadas por MTA (como se muestra en la Tabla 3), fueron los primeros en ser desarrollados por el sector privado, en gran medida porque el trabajo inicial realizado por MTA tuvo el efecto de mitigar parte del riesgo del recurso. Actualmente, el sector geotérmico turco sigue creciendo, con numerosos nuevos proyectos en fase de desarrollo, casi en su totalidad en manos del sector privado, en campos geotérmicos que fueron previamente explorados con diferente alcance por MTA.

Estados Unidos tiene una compleja historia en cuanto al desarrollo geotérmico. A finales de la década de 1960 el gobierno participó en el desarrollo del recurso geotérmico por medio de la participación de agencias federales y estatales, las cuales realizaron investigaciones y perforaciones iniciales junto con entidades independientes. En la década de 1970 fueron dictadas varias leyes (la más importante de las cuales fue la Ley de Políticas Regulatorias de las Empresas de Servicios Públicos, o PURPA) y se logró un nivel de conocimiento de los recursos suficiente para generar un auge en el desarrollo geotérmico, que tuvo lugar desde 1980 hasta finales de la década de 1990. Como se muestra en la Figura 4, Estados Unidos ha aplicado distintos esquemas de costos compartidos con el gobierno e incentivos fiscales, pero ha realizado la mayor parte del desarrollo geotérmico con inversiones directamente financiadas por el sector privado.



Figura 4 | Evolución de la Capacidad Geotérmica Instalada en los Estados Unidos



En conjunto, las decisiones políticas (PURPA y RPS en algunos estados), cierto apoyo directo del gobierno (en la forma de perforación con costos compartidos) y un entorno fiscal favorable, han favorecido el crecimiento de la energía geotérmica en Estados Unidos. Si bien la perforación con el esquema de costos compartidos ha sido útil en la historia del desarrollo geotérmico de Estados Unidos, cabe observar que PURPA actuó como principal motivador del desarrollo geotérmico hasta comienzos de la década de 1990. Desde entonces, los créditos fiscales vigentes desde la década de 1990 han creado condiciones atractivas para que algunos productores independientes de energía asumieran el riesgo de las etapas iniciales, con la continuación de cierto apoyo del esquema de perforación con costos compartidos. Actualmente, se está considerando una nueva ronda de perforación con costos compartidos (utilizando pozos de diámetro reducido para comprobar la existencia de ciertos recursos, incluyendo los que no presentan manifestaciones en superficie). La Figura 4 muestra la evolución en el tiempo del desarrollo geotérmico en Estados Unidos, resaltando las políticas y otras medidas relevantes.

RECUADRO 3 | La Mitigación del Riesgo del Recurso Geotérmico es un Desafío para las Economías más Pequeñas

En muchos de los países con economías de pequeña escala (particularmente en las islas pequeñas), la geotermia puede ser una opción para generar energía de menor costo, puesto que dichos países se enfrentan generalmente a elevados costos de suministro y cuentan con pocas alternativas disponibles. Las limitaciones en capacidad y experiencia a menudo los obligan a depender del sector privado para el desarrollo de proyectos. En estas situaciones, el desafío y los riesgos asociados al desarrollo de la energía geotérmica se enmarcan generalmente en un estado incipiente del sector y en el tamaño limitado del mercado, lo cual determina condiciones particularmente difíciles para atraer a desarrolladores privados cualificados. Si bien los mecanismos de costos compartidos pueden servir para reducir el riesgo y movilizar capital de riesgo del sector privado, esos desembolsos iniciales pueden ser relativamente elevados, o inclusive prohibitivos, para muchas de las economías pequeñas. Esto plantea un desafío importante para el desarrollo geotérmico en estos países, dado que se enfrentan a la necesidad de minimizar un conjunto de riesgos múltiples para poder atraer a desarrolladores cualificados, pero al mismo tiempo carecen en muchas ocasiones de capacidad y recursos para llevar a cabo dichas tareas.

El Gobierno de la Mancomunidad de Dominica (GdeMD) se enfrentó con un dilema similar cuando quiso desarrollar el campo geotérmico de Wotten Waven/Laudat en el Valle de Roseau, con la expectativa de que el desarrollo geotérmico disminuyera el elevado costo de la electricidad, que fue superior a los US\$ 0,40/kWh, por la gran dependencia del alto precio del diésel. El GdeMD solicitó asistencia a varias instituciones de desarrollo, incluidas la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) y la Unión Europea, que le proporcionaron donaciones iniciales para la exploración geotérmica. Esto permitió al GdeMD realizar una inversión inicial de aproximadamente \$10 millones. Además del apoyo financiero, las instituciones de desarrollo (incluido el Grupo Banco Mundial y la Iniciativa Clinton para el Clima) proporcionaron también asistencia técnica para garantizar que el proyecto cumpliera con los estándares internacionales de la industria geotérmica. Como resultado, el GdeMD pudo confirmar la capacidad del recurso geotérmico, incrementando la confianza en el mercado, y ayudando a atraer a un desarrollador cualificado para cerrar un acuerdo de asociación público privada (APP) inicial con el fin de desarrollar los recursos geotérmicos. El gobierno de Santa Lucía (GdeSL) está actualmente analizando opciones similares con el apoyo del Grupo Banco Mundial y otras instituciones de desarrollo, para desarrollar los recursos geotérmicos en la zona de Soufrière.

Yibuti, en el norte de África, se enfrentó también con una situación similar. Buscaba opciones para reducir el costo de generación de electricidad y tenía la interesante opción de explorar el potencial geotérmico de la Caldera Fialé, en la región del lago Assal. El estado incipiente de la industria en el país resultó ser un desafío para la atracción de desarrolladores privados, mientras que la limitada experiencia y capacidad de financiación del gobierno hicieron necesaria la participación del sector privado para que el país pudiera desarrollar sus recursos geotérmicos. Varias instituciones de desarrollo, incluyendo al Banco Mundial, al Banco Africano de Desarrollo y a la AFD, reunieron recursos de \$31 millones para asistir al Gobierno de Yibuti en la perforación exploratoria y en la confirmación de la viabilidad comercial del proyecto geotérmico para generación de electricidad. El propósito es mejorar la confianza del mercado a través de la confirmación del recurso geotérmico y, por ende, buscar la participación del sector privado ofreciendo un proyecto en el cual el riesgo ha sido sustancialmente reducido. La confirmación del recurso geotérmico con el apoyo del sector público e internacional está actualmente en ejecución.

9. CONCLUSIONES

El riesgo del recurso es una barrera importante para el desarrollo de la energía geotérmica a nivel mundial, dado que puede estancar el avance de los proyectos en sus etapas iniciales. Los altos riesgos asociados a la exploración de un nuevo campo geotérmico dificultan la movilización del capital requerido para financiar las perforaciones iniciales. Por esta razón, muchos desarrollos geotérmicos han sido realizados por el gobierno, o por organismos que han contado con apoyo público, incluyendo compañías petroleras nacionales y empresas estatales. El desarrollo geotérmico ha tenido éxito en los países que cuentan con organismos cualificados y capacidad suficiente, como es el caso de México y Filipinas. No obstante, muchos gobiernos no tienen ni la capacidad de financiación ni los conocimientos técnicos adecuados para emprender el desarrollo de sus recursos geotérmicos a gran escala. En estos casos, se han aplicado distintos enfoques para atraer el capital y la capacidad técnica del sector privado para desarrollar los recursos geotérmicos en beneficio del país.

Puesto que para los inversionistas privados es difícil movilizar capital de riesgo durante las inciertas etapas iniciales del desarrollo geotérmico, los gobiernos han tomado medidas para reducir los riesgos que asumen los desarrolladores y/o incentivarlos de otra manera para que inviertan en la exploración geotérmica. El esquema de costos compartidos entre el sector público y el sector privado en la fase de exploración del recurso ha facilitado la movilización de capital de riesgo y de capacidad técnica por parte del sector privado en las actividades de perforación geotérmica. El esquema de costos compartidos es una situación favorable para todos los actores involucrados, en la cual se reduce la carga sobre las finanzas públicas, al mismo tiempo que se impulsa el desarrollo geotérmico por parte del sector privado. La implementación, el monitoreo y la gestión de este esquema son relativamente sencillos.

La experiencia en la aplicación de esquemas con seguro de cobertura de la productividad de los pozos es todavía limitada y, aunque pueden teóricamente servir también para atraer capital de riesgo hacia los proyectos geotérmicos, los resultados existentes hasta la fecha no son uniformes. Este esquema no requiere el apoyo explícito del gobierno, pero el elevado grado de incertidumbre en la etapa de exploración, junto con el relativamente pequeño número de proyectos disponibles, han dificultado la diversificación del riesgo geotérmico mediante mecanismos de mercado, resultando a su vez en la necesidad de establecer elevadas primas (en la actualidad se está intentando utilizar fondos de desarrollo internacional con el fin de reducir el nivel de las primas de seguro en algunos países, con el objetivo de hacer más atractivo este esquema para los desarrolladores). El resultado de las primas elevadas es el limitado interés de los desarrolladores privados en los esquemas de seguro de productividad de pozos, algo que sucedió específicamente en los Estados Unidos. Cabe sin embargo observar que las elevadas tarifas de precios regulados (FIT) para los proyectos geotérmicos de alto costo han jugado un papel importante, facilitando la aceptación de las altas primas y la participación de los desarrolladores en el esquema de seguros (particularmente en Alemania). En resumen, este esquema ha podido contribuir modestamente a la expansión del desarrollo geotérmico, pero queda todavía por demostrar si el mecanismo puede efectivamente contribuir a la expansión de la energía geotérmica, especialmente en los países en desarrollo.

Los esquemas de mitigación del riesgo, si bien son muy importantes para superar la barrera principal al inicio del desarrollo geotérmico, pueden no ser suficientes, si se implementan de forma aislada, para garantizar el éxito de la totalidad de etapas que componen un proyecto geotérmico. Por esta razón, es importante que cualquier



instrumento específico de mitigación del riesgo sea aplicado de forma coordinada con otros incentivos que mejoren el clima general de inversión para el desarrollo geotérmico. Por ejemplo, los incentivos fiscales (especialmente aquellos que reducen los costos de la etapa inicial de exploración y limitan la exposición al riesgo de los desarrolladores) pueden minimizar el riesgo y facilitar la inversión en la perforación geotérmica inicial. Incluso los incentivos basados en la producción, tales como reducciones de impuestos y precios de energía favorables, pueden mejorar la viabilidad general del proyecto, lo cual puede a su vez incentivar a los desarrolladores a enfrentarse a los riesgos de la etapa inicial. Por lo tanto, los países que deseen impulsar el desarrollo de sus recursos geotérmicos para la generación de electricidad deben considerar detenidamente sus condiciones específicas, tales como las necesidades y desafíos del sector energético, el nivel de especialización en el sector geotérmico, la capacidad de financiación, los recursos humanos y otros factores, con miras a seleccionar un esquema de mitigación del riesgo geotérmico que haya demostrado ser exitoso a nivel internacional y que pueda ser adaptado a las condiciones del país.

RECUADRO 4 | Plan Global de Desarrollo Geotérmico dirigido por el Banco Mundial

El Plan Global de Desarrollo Geotérmico (GGDP, por sus siglas en inglés) es una iniciativa liderada por el Programa de Asistencia a la Gestión del Sector Energía (ESMAP, por sus siglas en inglés) del Banco Mundial, que pretende fomentar el desarrollo de la energía geotérmica abordando los riesgos del recurso mediante la colaboración internacional. Una característica clave de este Plan reside en el esfuerzo para movilizar una cantidad relevante de nuevos fondos concesionales para las fases de alto riesgo y uso intensivo de capital del desarrollo geotérmico (upstream, incluyendo la perforación exploratoria), con el objetivo de catalizar la sucesiva inversión en todas las demás fases del proceso geotérmico en países de ingresos bajos y medios. Los esfuerzos del GGDP han resultado, por el momento, en la asignación de \$235 millones provenientes del Fondo de Tecnologías Limpias (CTF). Estos fondos están actualmente siendo implementados a través de distintos mecanismos de mitigación de riesgo para programas y proyectos que, en particular, facilitan la participación del sector privado en el desarrollo geotérmico. La financiación a gran escala para la mitigación del riesgo en las fases de “upstream” también se ha complementando con \$7 millones adicionales aportados por ESMAP para ayudar en la identificación y preparación de proyectos de acuerdo a los estándares internacionales de la industria geotérmica. Asimismo, el GGDP está encargado de difundir conocimientos sobre buenas prácticas de desarrollo geotérmico mediante intercambios sur-sur entre países en desarrollo, publicaciones específicas y eventos como Mesas Redondas de Energía Geotérmica. El GGDP ha provisto asistencia a numerosos países que están actualmente desarrollando sus recursos geotérmicos tales como: Latinoamérica y el Caribe (Chile, Nicaragua, Dominica y Santa Lucía), el este de Asia (Indonesia), África (Kenia, Etiopía, Tanzania, y Yibuti), Europa y Asia Central (Armenia y Turquía).

Tipo de Esquema de Mitigación de Riesgo	Gobierno como Desarrollador	Perforación con Costos Compartidos	Seguro de Riesgo del Recurso	Incentivos Fiscales para la Etapa Inicial
Características clave del esquema Organismos gubernamentales u organismos con apoyo público exploran y desarrollan los recursos geotérmicos en todas sus etapas, incluida la central eléctrica.	El gobierno participa en la perforación para reducir el riesgo, impulsando el capital privado hacia el desarrollo geotérmico, principalmente mediante los siguientes mecanismos: <ul style="list-style-type: none"> • Perforación exploratoria con costos compartidos entre sector público y privado • Perforación exploratoria llevada a cabo por el gobierno (por lo general algunos pozos iniciales y pruebas) para facilitar el posterior desarrollo del proyecto por el sector privado (en muy pocos casos, activos geotérmicos en los cuales se redujo el riesgo mediante inversión pública, fueron posteriormente privatizados)	Seguro para cubrir el riesgo de obtener una productividad del pozo menor a la esperada (en base a la capacidad de generación o a una combinación de caudal y entalpía), el cual ayuda a los desarrolladores a movilizar capital de riesgo para la perforación exploratoria y la confirmación del recurso.	Exención de impuestos y aranceles de importación (y otras imposiciones fiscales) relacionadas con la perforación exploratoria (tales como equipos y materiales de perforación), reduciendo el monto total de capital de riesgo requerido para realizar la perforación y confirmar el recurso.	
Países donde se ha aplicado el esquema	Costa Rica, El Salvador, Nicaragua, México, Francia, Indonesia, Filipinas, Nueva Zelanda, Islandia, Turquía, Etiopía y Kenia	Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Indonesia, Filipinas, Nueva Zelanda, Estados Unidos, Turquía, Japón, Kenia y Australia	Hasta la fecha, Francia y Alemania. Se están haciendo esfuerzos para implementar este tipo de seguro en Turquía, Kenia y Estados Unidos.	Estados Unidos, México, Turquía, Filipinas e Indonesia

Tipo de Esquema de Mitigación de Riesgo	Gobierno como Desarrollador	Perforación con Costos Compartidos	Seguro de Riesgo del Recurso	Incentivos Fiscales para la Etapa Inicial
Pros	<ul style="list-style-type: none"> Moviliza financiación a gran escala proveniente de fuentes públicas apoyadas por gobiernos con capacidad de realizar desembolsos financieros. Respalda los riesgos del recurso geotérmico a través de la fortaleza del balance del gobierno (es decir, el Tesoro Público). 	<ul style="list-style-type: none"> Impulsa la inversión privada en el desarrollo geotérmico y utiliza su capacidad técnica. Incrementa la liquidez y disponibilidad del capital de riesgo para la perforación exploratoria. Reduce la exposición del desarrollador al riesgo financiero para la perforación exploratoria y facilita el empleo del capital/deuda privado en las etapas posteriores. Requiere menor financiación pública en comparación con el caso en que todo el desarrollo es realizado por el gobierno. 	<ul style="list-style-type: none"> La cobertura del seguro reduce el riesgo de fracaso en la perforación para el desarrollador. Sirve para movilizar el capital del desarrollador, en cuanto reduce la exposición a pérdidas financieras durante la perforación exploratoria y confirmación del recurso. Menor carga sobre el gobierno, ya que el seguro es típicamente ofrecido por entidades privadas especializadas (excepto que el gobierno considere otorgar un subsidio para reducir el costo de la prima del seguro). 	<ul style="list-style-type: none"> Disminuye los costos globales de inversión para la etapa de exploración, al reducir el capital de riesgo requerido para la etapa inicial. No hay necesidad de apoyo financiero público inicial.

(continúa en la página siguiente)

Tipo de Esquema de Mitigación de Riesgo	Gobierno como Desarrollador	Perforación con Costos Compartidos	Seguro de Riesgo del Recurso	Incentivos Fiscales para la Etapa Inicial
Contras	<ul style="list-style-type: none"> • Es posible que algunos gobiernos no puedan permitirse invertir a gran escala para el desarrollo geotérmico, por su capacidad financiera y/o limitaciones de inversión relacionadas con el uso de fondos públicos. • Algunos países puede que no cuenten con organismos públicos con los conocimientos / capacidades necesarios para emprender el desarrollo geotérmico. • La movilización de financiación para el desarrollo geotérmico puede ser complicada por la burocracia gubernamental. • La participación de múltiples organismos gubernamentales puede crear conflictos que causan demoras o la cancelación de las iniciativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Algunos proyectos no resultarán en desarrollos viables, a pesar de los desembolsos de fondos públicos. • Requiere financiación pública inicial que no necesariamente se recuperará, lo cual puede generar la percepción de que el esquema de costos compartidos es un subsidio al sector privado. (Existe la posibilidad de que parte de los fondos invertidos se puedan recuperar con un esquema que requiera a los proyectos exitosos el reembolso de los costos asumidos por el gobierno). 	<ul style="list-style-type: none"> • Las altas primas de los seguros hacen que este esquema no sea atractivo para los desarrolladores privados. • No crea liquidez directa en el mercado para el capital riesgo. • Incrementa la inversión inicial total requerida, porque el desarrollador debe cubrir los costos de la perforación y de la prima del seguro. • Es difícil asegurar comercialmente un significativo grado de incertidumbre (pérdidas) en un conjunto relativamente limitado de pozos exploratorios (falta de información actuarial confiable). • Complejo de diseñar, implementar y supervisar. • Cantidad limitada de aseguradores privados que ofrezcan cobertura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Según los niveles de imposición fiscal existentes, puede tener solamente un impacto limitado sobre los costos generales del proyecto. • Puede requerir una modificación de la estructura fiscal nacional y de su implementación para ser aplicado.

(continúa en la página siguiente)

Tipo de Esquema de Mitigación de Riesgo	Gobierno como Desarrollador	Perforación con Costos Compartidos	Seguro de Riesgo del Recurso	Incentivos Fiscales para la Etapa Inicial
Cantidad de campos geotérmicos y capacidad instalada (MW) desarrollada como resultado del esquema de mitigación del riesgo (actualizado a noviembre 2013)	Costa Rica: 177 MW (2 campos) El Salvador: 149 MW (2 campos) Nicaragua: 70 MW (1 campo) México: 980 MW (4 campos) Francia: 15 MW (1 campo) Indonesia: 417 MW (5 campos) Filipinas: 608 MW (5 campos) Nueva Zelanda: 220 MW (2 campos) Islandia: 664 MW (6 campos) Turquía: 15 MW (1 campo) Etiopía: 8 MW (1 campo) Kenia: 180 MW (1 campo)	Costa Rica: 30 MW (1 campo) El Salvador: 44 MW (1 campo) Guatemala: 52 MW (2 campos) Nicaragua: 70 MW (1 campo) Indonesia: 60 MW (1 campo) Filipinas: 1,260 MW* (3 campos) Nueva Zelanda: 547 MW (6 campos) Estados Unidos: 150 MW* (6 campos) Turquía: 215 MW* (5 campos) Japón: 534 MW* (15 campos) Kenia: 100 MW (1 campo) Este de África: 5 proyectos aprobados para perforación con costos compartidos. * La capacidad en MW es una estimación.	Hasta el momento, unos pocos campos geotérmicos en Alemania (para energía eléctrica o cogeneración) y Francia (para calefacción). La capacidad de generación total de los proyectos de Alemania es menor de 20 MW.	Este esquema ha ayudado en muchos desarrollos geotérmicos, no puede ser considerado por sí mismo como un factor de fomento de ningún proyecto geotérmico.
Impacto sobre el ritmo de producción de energía geotérmica	En los casos con gobiernos comprometidos y capaces de apoyar a los organismos gubernamentales para que desarrollaran el sector, este esquema aceleró el crecimiento de la geotermia. Cuando los gobiernos han sido menos capaces en apoyar a los organismos gubernamentales pertinentes, el desarrollo se redujo o se estancó.	Este esquema sirvió como importante catalizador para toda la generación actual de energía geotérmica en Japón. Menor impacto en Estados Unidos (acorde a la menor financiación para este esquema).	El seguro puede haber ayudado a acelerar el ritmo del desarrollo geotérmico en Alemania, pero las elevadas tarifas FIT han jugado un rol más relevante en ese contexto	Impacto limitado sobre el ritmo del desarrollo, sirve más como complemento para mejorar otras modalidades de desarrollo geotérmico.

(continúa en la página siguiente)

Tipo de Esquema de Mitigación de Riesgo	Gobierno como Desarrollador	Perforación con Costos Compartidos	Seguro de Riesgo del Recurso	Incentivos Fiscales para la Etapa Inicial
<p>Requisitos operativos y de gestión (Cómo se eligen, evalúan y monitorean los campos geotérmicos y cómo se gestionan los proyectos)</p>	<p>Los campos geotérmicos se elijen generalmente sobre la base de los planes generales de desarrollo energético de un país. La supervisión suele estar a cargo de un organismo gubernamental específico. La implementación de los proyectos es a menudo realizada por una empresa estatal específica, con calificaciones suficientes. Es habitual que los distintos organismos gubernamentales fortalezcan su propia capacidad contratando a "terceros" especialistas y consultores externos.</p>	<p>En Estados Unidos y Japón se identificaron inicialmente los campos geotérmicos mediante la exploración preliminar a cargo del gobierno; algunos de los campos fueron luego seleccionados por empresas privadas para desarrollarlos. El gobierno o sus consultores revisan los planes de perforación y evalúan los resultados para la preparación de los informes internos y externos. En el programa de costos compartidos de Japón, no fue requerida la divulgación de información. En los programas de Estados Unidos se exige la presentación de informes públicos y la divulgación de la mayor parte de los datos obtenidos durante la etapa de perforación con el esquema de costos compartidos.</p>	<p>Una vez que el desarrollador elige un campo geotérmico, debe de cumplir con muchos requisitos para obtener un seguro de riesgo. El proyecto es sometido a un proceso de evaluación (<i>due diligence</i>) antes de poder ser asegurado. Se deben presentar todos los permisos, licencias, aprobaciones, documentación de acceso, etc., y todos los planos de exploración y perforación. Para los pozos asegurados, se proporcionan los resultados detallados de la perforación, perfilaje y pruebas de los pozos al asegurador. Se debe determinar por adelantado también un programa de remediación del pozo (que el desarrollador debe seguir) en caso que el resultado inicial no sea prometedor. Un consultor cualificado independiente supervisa y certifica las pruebas de los pozos. Una vez terminado el programa de perforación asegurado, terceras partes (consultores de los agentes de préstamo) revisan los resultados para determinar si se amerita un pago total o parcial.</p>	<p>Los campos son elegidos por el desarrollador. El gobierno puede, a su discreción, revisar el recurso geotérmico y los planes de desarrollo. La gestión y supervisión de los incentivos fiscales están por lo general determinadas por la legislación que los ha creado. Los requerimientos y métodos para acceder a los incentivos fiscales varían ampliamente según el país y sus mecanismos fiscales.</p>

(continúa en la página siguiente)

Tipo de Esquema de Mitigación de Riesgo	Gobierno como Desarrollador	Perforación con Costos Compartidos	Seguro de Riesgo del Recurso	Incentivos Fiscales para la Etapa Inicial
<p>Titular del riesgo y del respaldo</p> <p>El gobierno es el inversionista final y asume todo el riesgo en la mayoría de los casos.</p> <p>El apoyo mediante donaciones de instituciones de desarrollo puede ayudar en algunos casos (Kenia y Filipinas) al compartir la inversión y el riesgo, pero el apoyo mediante préstamos requeriría el repago de la deuda adquirida por parte del gobierno o de los organismos respaldados por el gobierno.</p> <p>En los casos en que exista una participación pública parcial en los organismos apoyados por el gobierno (por ej., KenGen en Kenia y LaGeo en El Salvador), el sector privado asume una parte del riesgo. Algunas empresas estatales (por ej., Mighty River Power en Nueva Zelanda y Reykjavik Geothermal en Islandia) tienen el respaldo del gobierno como vehículos para promover la exportación de la tecnología, si bien se espera que operen de forma comercial.</p>	<p>El gobierno y el desarrollador privado comparten el costo y los riesgos de la perforación exploratoria y de confirmación del recurso geotérmico. Los costos asumidos por el gobierno son bajos comparados con la inversión (total) que realiza el desarrollador, pero el efecto catalizador sobre las finanzas del proyecto puede ser significativo.</p> <p>Hasta ahora, en los esquemas que se han implementado no ha sido exigido el reembolso en el caso de un proyecto inviable. Otros mecanismos, como los fondos revolventes, alimentados por reembolsos en casos de pozos y proyectos exitosos, pueden ser considerados también en cierta medida.</p>	<p>El desarrollador traslada una parte o la totalidad del riesgo de perforación al asegurador, según el grado de cobertura. El asegurador puede decidir crear una cartera con otros proyectos geotérmicos para distribuir el riesgo. Sin embargo, el limitado alcance de los esquemas de seguro y la limitada disponibilidad de datos actuariales no proveen información suficiente para confirmar la capacidad efectiva de unificar los riesgos en carteras más amplias.</p>	<p>A modo de apoyo a la política de energías renovables, los gobiernos han ofrecido distintos beneficios fiscales con la esperanza de recibir mayores ingresos provenientes de proyectos geotérmicos rentables.</p> <p>El gobierno asume cierto riesgo en cuanto a los ingresos, por impuestos no percibidos, especialmente si el proyecto no continúa después de la perforación exploratoria. El desarrollador geotérmico asume la mayor parte del riesgo.</p>	

(continúa en la página siguiente)

Tipo de Esquema de Mitigación de Riesgo	Gobierno como Desarrollador	Perforación con Costos Compartidos	Seguro de Riesgo del Recurso	Incentivos Fiscales para la Etapa Inicial
<p>Impacto global del esquema</p>	<p>Este esquema ha funcionado muy bien en países que se comprometieron y apoyaron el desarrollo geotérmico (por ej., Costa Rica, Nueva Zelanda, Islandia, Filipinas); ha sido moderadamente exitoso en países con recursos geotérmicos significativos, pero menos consistentes en sus estrategias de desarrollo (por ej., El Salvador, Indonesia, Kenia); y no ha funcionado tan bien en países más pequeños y menos desarrollados, que pueden tener necesidades más importantes para la colocación de los limitados fondos del gobierno (por ej., Etiopía, Yibuti, Bolivia). Ha estimulado el desarrollo geotérmico en países donde el riesgo país, real o percibido, es alto. En algunos casos ha llevado a la formación de empresas geotérmicas estatales rentables que luego fueron privatizadas (Filipinas, Nueva Zelanda, y El Salvador).</p>	<p>La gestión de este esquema es relativamente sencilla, sirviendo como un importante catalizador para el desarrollo geotérmico por parte del sector privado, aumentando la disponibilidad de capital de riesgo, especialmente de los fondos necesarios para reducir la exposición en la etapa inicial de perforación exploratoria y confirmación del recurso geotérmico. Los costos para el gobierno son significativamente menores que en el caso en el que el gobierno actúa como desarrollador total, puesto que se el apoyo a la etapa de mayor riesgo del desarrollo geotérmico es mucho menor. Una parte de los costos compartidos aportados por el gobierno se podría recuperar en el caso de proyectos exitosos, creando de esta forma un fondo revolvente para la perforación exploratoria.</p>	<p>Disponibilidad limitada y dificultad en la obtención de un precio aceptable para la perforación exploratoria, pero puede estar disponible para determinados proyectos en etapas posteriores, como la perforación de producción cuando aún existe cierto grado de riesgo (aunque menor que durante la exploración). Si bien el riesgo financiero para los desarrolladores es reducido, los costos globales de desarrollo se incrementan debido al precio de las primas de seguro. Los desarrolladores que más lo necesitan pueden no calificar para el seguro y/o encontrarse con primas excesivamente elevadas para sus posibilidades financieras. Tiene un alto nivel de requerimientos operativos y de gestión por la necesidad de evaluación (<i>due diligence</i>) del recurso geotérmico, programas de perforación y de remediación, así como de certificación de las pruebas de pozo.</p>	<p>El gobierno reduce sus ingresos fiscales en la etapa de exploración, con la esperanza de estimular y luego desarrollar un proyecto rentable que pueda tributar más adelante. Los créditos fiscales actúan como incentivo a las inversiones de capital en la etapa inicial, ofreciendo ventajas fiscales modestas. Fácil de implementar y monitorear, normalmente a través del sistema fiscal existente.</p>

NOTAS FINALES

- ¹ La tecnología geotérmica puede tener flexibilidad para seguir la demanda del sistema eléctrico, pero se utiliza principalmente como una opción renovable de generación de carga base.
- ² Bertani, R., 2009, Geothermal Energy: An Overview on Resources and Potential. Trabajo presentado en la Conferencia y Escuela de Verano "International de Geothermal Days" de 2009 en Eslovaquia, Sesión 1.
- ³ Estimaciones basadas en tecnologías comercialmente probadas para la extracción de fluidos subterráneos y para la producción de energía. No se incluyen otras tecnologías para la extracción del recurso como los Sistemas Geotérmicos Mejorados (EGS por sus siglas en inglés), los cuales, si fueran comercialmente viables, podrían incrementar el potencial geotérmico global total.
- ⁴ Los cuatro primeros enfoques se muestran en la Figura 2. El quinto enfoque es para el ciclo completo de desarrollo llevado a cabo por desarrolladores privados, enfoque que ha experimentado un éxito limitado en cuanto a la ampliación de la capacidad geotérmica instalada, en especial en los países en desarrollo.
- ⁵ Fondo de Mitigación del Riesgo Geotérmico (GRMF por sus siglas en inglés) para África Oriental.
- ⁶ Fondo para el Desarrollo Geotérmico (GDF por sus siglas en inglés) para Latinoamérica, en preparación.
- ⁷ Intergeoterm una empresa formada en 1992 por el Gobierno de Nicaragua, a través del Instituto Nicaragüense de Energía (INE) y un consorcio de empresas rusas, donde INE tenía aproximadamente el 71% de la participación.

REFERENCIAS

- Americas Society, 2009. Toward Energy Security in Chile. Documento de trabajo de Americas Society/ Council of the Americas Energy Action Group.
- Bendall, B., C. Huddleston Holmes and B. Goldstein, 2013. The current state of geothermal projects in Australia – a national review. Actas del Taller 38° sobre Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California.
- Bertani, R., Geothermal Energy: An Overview on Resources and Potential. International Geothermal Days, Conference and Summer School, Slovakia, 2009.
- ESMAP, 2012. Handbook on Planning and Financing Geothermal Power Generation: Main Findings and Recommendations. The World Bank, Washington DC.
- Flores-Armenta, M., 2012. Geothermal activity and development in Mexico – keep the production going. Trabajo presentado en el Curso sobre Desarrollo Geotérmico y Pozos Geotérmicos, United Nations University Geothermal Technology Program and LaGeo, Santa Tecla, El Salvador, marzo 2012.
- Sanyal, Subir, James Morrow, Migara Jayawardena, Nouredine Berrah, Shawna Fei Li, and Suryadharna, "Geothermal Resource Risks in Indonesia: A Statistical Inquiry", Asia Sustainable and Alternative Energy Program (ASTAE), The World Bank, 2014.
- Robertson-Tait, A., M. Jayawardena, S. Sanyal, L. Berman and G. Hutter. An Evaluation of Risk Mitigation Approaches for Geothermal Development. Proceedings, World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia, 19–25 April 2015.
- GEA, 2013b. 2013 Annual US Geothermal Power Production and Development Report. Geothermal Energy Association report, April, 2013. GEA, 2010. Geothermal Energy: International Market. Geothermal Energy Association report, May, 2010.
- GeoElec, 2012. Report on Risk Insurance. European Geothermal Risk Insurance Fund, Deliverable No. 3.2, September 2012.
- GRMF, 2013. Geothermal Risk Mitigation Facility for Eastern Africa.
- Guidos, J. and J. Burgos, 2012. Geothermal activity and development in El Salvador – producing and developing. Trabajo presentado en el Curso bore Desarrollo Geotérmico y Pozos Geotérmicos, United Nations University Geothermal Technology Program and LaGeo, Santa Tecla, El Salvador, marzo 2012.
- IGA, 2013a. Installed Geothermal Generating Capacities World-wide from 1995–2000, and at the end of 2003.
- IGA, 2013b. Installed Generating Capacity.
- KPMG, 2012. Taxes and Incentives for Renewable Energy.
- Long, A., B. Goldstein, T. Hill, B. Bendall, M. Malvarez and A. Budd, 2010. Australian geothermal industry advances. Actas del Taller 35° sobre Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California.
- O'Melveny & Myers LLP, 2010. The Philippine Renewable Energy Framework.
- Peñarroyo, Fernando S., 2011. Full Steam Ahead for Philippine Geothermal Energy.
- Philippine DOE, accessed 2013. Republic of the Philippines, Department of Energy. Energy Resources, Geothermal.
- Remigius, Randy, 2012. Economic Policies and Incentives to Expand the Geothermal Energy Industry in Indonesia. IIIIE Theses, septiembre 2012; 34.
- Schneider, M., 2008. Productivity Guarantee Insurance (PGI) of hydrothermal geothermal development. Actas del Taller de Seguro del Riesgo Geológico, Karlsruhe, Alemania, noviembre 2008 (disponible en <http://www.geothermiekongress.org/>).
- Shimazaki, K., 2008. Preparing World Bank proposals. Actas del Taller GeoFund sobre Seguro del Riesgo Geológico, Karlsruhe, Alemania, noviembre 2008 (disponible en <http://www.geothermiekongress.org/>).
- WWF, 2012. Igniting the Ring of Fire: A Vision for Developing Indonesia's Geothermal Power. World Wildlife Foundation, junio 2012.

ACRONIMOS Y ABREVIACIONES

AFD	Agencia Francesa de Desarrollo
BOT	Acuerdo de construcción-operación-transferencia
EDC	Energy Development Corporation
FIT	Feed-in Tariff, Tarifas reguladas
GDC	Empresa de Desarrollo Geotérmico
GDF	Fondo para el Desarrollo Geotérmico
GGDP	Plan Global de Desarrollo Geotérmico
GRMF	Fondo de Mitigación de Riesgo Geotérmico
GW	Gigavatio
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad (Costa Rica)
IPP	Productor Independiente de Energía
ITC	Créditos Fiscales por Inversión
KenGen	Kenya Electricity Generating Company
KfW	Kreditanstalt fur Wiederaufbau (Banco Alemán de Desarrollo)
LCR	América Latina y Caribe (Región del Banco Mundial)
MTA	Dirección General de Investigación y Exploración Minera (Turquía)
MW	Megavatio
NPC	National Power Corporation (Filipinas)
PGI	Philippine Geothermal, Inc.
PNOC	Philippine National Oil Company
PPP	Partenariado Público-Privado
PTC	Créditos Fiscales por Producción
PURPA	Ley de Políticas Regulatorias de las Empresas de Servicios Públicos (EE.UU.)
RPS	Cartera de Estándares de Energía Renovable

Toda la moneda está en dólares estadounidenses (USD, US\$, \$), a menos que se indique lo contrario.



Créditos de las fotografías

Cubierta: ©Flanders Today; pg. ii: ©Wikimedia via Creative Commons; pg. 4: ©Tennessee Photographer via Thinkstock Photos; pp. 11, 25, 36: Migara Jayawardena/©The World Bank; pg. 14: ©Pi Lens via Thinkstock Photos; pg. 20: ©National Renewable Energy Laboratory. El resto de imágenes son cortesía de ©GeothermEx.

Escrito por I Subir K. Sanyal, Ann Robertson-Tait,
Migara S. Jayawardena, Gerry Huttner
y Laura Berman

Créditos de producción

Editor de producción | Heather Austin
Maquetación | The Word Express, Inc.

Copyright © March 2016

Banco Internacional para la Reconstrucción
y el Desarrollo/GRUPO BANCO MUNDIAL
1818 H Street, NW | Washington DC 20433 | USA

El texto de esta publicación puede reproducirse en todo o en parte y en cualquier forma para usos educativos o sin ánimo de lucro sin permiso especial, siempre que se cite la fuente. Las solicitudes de permiso para reproducir fragmentos para su venta o con propósitos comerciales deben enviarse al Manager de ESMAP a la dirección indicada arriba. ESMAP apoya la difusión de sus obras y da permiso generalmente con rapidez. El Manager de ESMAP agradecería recibir una copia de la publicación que utilice esta obra como fuente, enviada a la atención de la dirección indicada arriba.

Todas las imágenes son propiedad exclusiva de la fuente y no deben utilizarse para ningún propósito sin el permiso escrito de ésta.

El Programa de Apoyo a la Gestión del Sector Energético (ESMAP) es un programa de conocimiento global y asistencia técnica administrado por el Banco Mundial. Proporciona servicios de análisis y asesoramiento a países de ingresos bajos y medios para incrementar el know-how y la capacidad institucional, con el fin de conseguir soluciones energéticas medioambientalmente sostenibles para reducir la pobreza e incrementar el crecimiento económico. ESMAP está financiado por Australia, Austria, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Islandia, Lituania, Holanda, Noruega, Suecia y el Reino Unido, así como el Banco Mundial.

Para más información sobre el programa de Energía Limpia de ESMAP y las actividades de desarrollo de la geotermia, visite <http://www.esmap.org/Global%20Geothermal%20Development%20Plan>.

Programa de Apoyo a la Gestión
del Sector Energético
Banco Mundial
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433 USA
email: esmap@worldbank.org
web: www.esmap.org