

República del Perú

República del Perú

Recopilación de información y encuesta de  
confirmación en relación al apoyo a la  
promoción de inversión privada en el  
desarrollo de energía geotérmica del Perú

Informe Final

Enero 2017

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

5R
JR
16-046

## Tabla de contenidos

Abreviaciones .....	iii
Lista de Figuras.....	vi
Lista de Tablas .....	vii
1. Objetivos y contenido del estudio.....	1
(1) Antecedentes.....	1
(2) Objetivos.....	2
(3) Área del estudio .....	2
(4) Contraparte.....	2
(5) Proceso de trabajo.....	2
(6) Planificación del personal .....	6
2. Promoción de inversiones privadas en el Perú.....	7
(1) Marco legal .....	7
(2) Organizaciones relacionadas y sus responsabilidades .....	9
(3) Procedimientos.....	10
(4) Apoyo financiero .....	14
3. Situaciones actuales y problemas en el sector de generación eléctrica y desarrollo geotérmico	
17	
(1) Marco legal .....	17
(2) Situación actual.....	19
(3) Organizaciones para la promoción y regulación.....	31
(4) Procedimientos.....	33
(5) Subasta de RER.....	37
(6) Sistema de incentivos a la inversión privada .....	43
4. Verificación y análisis de sistemas de promoción del desarrollo de generación de energía geotérmica en países extranjeros .....	45
(1) Esquema de costo y riesgo compartido en la fase inicial del desarrollo de las centrales geotérmicas en el mundo .....	45
(2) Esquema de participación en los costos y riesgos del desarrollo de la energía geotérmica en la fase inicial. ....	46
(3) Esquemas Relacionados para la Promoción de Inversiones en las Fases Inicial de Desarrollo de la Energía Geotérmica.....	52
(4) Ejemplos Principales de Eficiencia de Procedimiento y Cuantificación.....	53
(5) Promoción del Desarrollo Geotérmico a través de la Inversión Privada conforme a la Investigación de Terceros Países (Chile).....	55

(6) Promoción del Desarrollo Geotérmico a través de la Implicación del Gobierno en la Fase Inicial	60
5. Verificación y análisis de la situación actual para reforzar la capacidad de evaluación y otros de recursos geotérmicos.....	62
(1) Situación actual de capacitación de INGEMMET .....	62
(2) Personales y equipamientos de análisis de INGEMMET .....	66
(3) La necesidad de reforzar la capacitación de INGEMMET .....	67
6. Políticas de promover desarrollo geotérmico por inversiones privadas.....	70
(1) Análisis de los problemas relacionados a la promoción del desarrollo geotérmico por inversiones privadas.....	70
(2) Investigación y sugerencia de las políticas que el gobierno del Perú debe adoptar para solucionar los problemas.....	73
(3) Sugerencia de la JICA sobre la asistencia para el desarrollo geotérmico por empresas privadas del Perú.....	81
Referencia.....	91
Anexo.....	93
(1) Seminario programa.....	94
(2) El documento del seminario de Deloitte Touch Tohmatsu .....	95
(3) Evidencia de distribución de costo de O&M y cantidad de inversión para un modelo de desarrollo geotérmico.....	109

## Abreviaciones

Abreviación	Descripción
ADEME	The French Environment and Energy Management Agency (La Agencia Francesa de Gestión de Medio Ambiente y Energía)
AFME	The French Energy Agency (La Agencia Francesa de la Energía)
ANA	National Water Authority (La Autoridad Nacional del Agua)
ARGeo	African Rift Geothermal Development Facility (Servicio de Desarrollo Geotérmico de Rift de África)
BAU	Business as usual (Negocios como siempre)
BOO	Build-operate-own (Construir-operar-propio)
BOT	Build-operate-transfer (Construir-operar-transferir)
BTO	Build-transfer-operate (Construir-transferir-operar)
CAF	Development Bank of Latin America (Banco de Desarrollo de América Latina)
CAGR	Compound Average Growth Rate (Tasa de crecimiento anual compuesto)
CDM	Clean Development Mechanism (Mecanismo de desarrollo limpio)
CIF	Climate Investment Funds (Fondos de Inversión en el Clima)
COES-SINAC	Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional
COP	(Conference of the Parties Conferencia de las Partes)
CTF	Clean Technology Fund (Fondo de Tecnologías Limpias)
DB	Database (Base de datos)
DBO	Design-build-operate (Diseño-construcción-operación)
DGAAE	General Directorate of Energetic Environmental Affairs (Dirección General de Asuntos Ambientales Energía)
DGE	Directorate General of Electricity (Dirección General de Electricidad)
DGIP	General Directorate General of Public Investment Policy (Dirección General de Política de Inversiones)
EBF	Equity back finance
EDC	Energy Development Corporation
EGASA	Electric Generation Company of Arequipa S.A. (Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A.)
EGP	Enel Green Power
EIA	Environmental Impact Assessment (Estudio de Impacto Ambiental)
EIA-d	Detailed Environmental Impact Study (Estudio de Impacto Ambiental Detallado)
EIA <sub>sd</sub>	Semi-detailed Environmental Impact Assessment (Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado)

EIS	Environmental Impact Statement (Declaración de Impacto Ambiental)
ENAP	National Petroleum Company (Empresa Nacional del Petróleo)
FS	Feasibility Study (Estudio de factibilidad)
GART	Division of Tariff regulation annexed to OSINERGMIN (Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria)
GDF	Geothermal Development Facility (Fondo de Desarrollo Geotérmico)
GEF	Global Environment Facility (Fondo Mundial para el Medio Ambiente)
GEOCATMIN	Mineralogical and Geological Database (Sistema Geológico Catastral Minero)
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Cooperación Internacional Alemana)
GRMF	Geothermal Risk Mitigation Facility (Fondo de Mitigación de Riesgo Geotérmico)
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (La Espectrometría de Emisión Óptica por Plasma con Acoplamiento Inductivo)
IDB	Inter-American Development Bank (Banco Interamericano de Desarrollo)
IEA	International Energy Agency (Agencia Internacional de la Energía)
IFC	International Finance Corporation (Corporación Financiera Internacional)
INDC	Intended Nationally Determined Contribution (Contribuciones Previstas Nacionalmente Determinada)
INDECOPI	National Institute for the Defense of Competition and Intellectual Property (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual)
INGEMMET	Institute of Geology, Mining and Metallurgy (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico)
IRENA	International Renewable Energy Agency (Agencia Internacional de las Energías Renovables)
IRR	Internal Rate of Return (Tasa interna de retorno)
JICA	Japan International Cooperation Agency (Agencia de Cooperación Internacional del Japón)
JOGMEC	Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (Corporación Nacional Japonesa para el Petróleo, Gas y Metales)
KenGen	Kenya Electricity Generating Company (Compañía de Generación de Electricidad de Kenia)
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Banco alemán gubernamental de desarrollo)
LCOE	Levelized Cost of Electricity (Costo Nivelado Electrico)
LNG	Liquefied Natural Gas (Gas natural licuado)
MDB	Multilateral Development Bank (Bancos Multilaterales de Desarrollo)

MEF	Ministry of Economy and Finance (Ministerio de Economía y Finanzas)
MEM	Ministry of Energy and Mines (Ministerio de Energía y Minas)
MINAM	Ministry of Environment (Ministerio del Ambiente)
NAFIN	National Finance (Nacional Financiera)
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization (Organización para el Desarrollo de Tecnología Industrial y de Nueva Energía de Japón)
O&M	Operation and Maintenance (Operación y mantenimiento)
ODA	Official Development Assistance (Asistencia oficial para el desarrollo)
OPIP	Body of promoting private investment (Organismo Promotor de la Inversión Privada)
OSINERGMIN	Organization of Supervising for Investments in Energy and Mines (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería)
PPA	Power Purchase Agreement (Contrato de compra de energía)
PPP	Public–Private Partnership (Alianza público privada)
RER	Renewable Energy Resource (Recursos Energéticos Renovables)
RMF	Risk Mitigation Facility (Fondo de Mitigación de Riesgo Geotérmico)
RPS	Renewable portfolio standard (Norma de las Energías Renovables)
SEIN	National Interconnected Electric System (Sistema Eléctrico Interconectado Nacional))
SENACE	National Service of Environmental Certification of Sustainable Investments (Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles)
SERNANP	National Service of Natural Protected Areas (Servicio Natural de Áreas Naturales Protegidas)
SNIP	National System of Public Investment (Sistema Nacional de Inversión Pública)
SPC	Special purpose company (Sociedad de Propósito Específico)
UNEP	United Nations Environment Programme (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente)
VAT	Value added tax (Impuesto al valor agregado)

## Lista de Figuras

Figura 1 Proceso para solicitar proyectos de PPP autosostenibles (Iniciativa pública) .....	12
Figura 2 Proceso para solicitar proyectos de PPP cofinanciados (Iniciativa pública) .....	12
Figura 3 Proceso para solicitar proyectos de PPP autosostenibles (Iniciativa privada) .....	13
Figura 4 Proceso para solicitar proyectos de PPP cofinanciados (Iniciativa privada) .....	13
Figura 5 Cantidad de generación de energía en 2013 .....	20
Figura 6 Demanda en 2013 .....	20
Figura 7 Potencia instalada del mercado eléctrico por tipo de tecnología .....	21
Figura 8 Producción del mercado eléctrico por tipo de tecnología .....	21
Figura 9 Tendencia del suministro de RER .....	22
Figura 10 Actores en el mercado eléctrico y precio .....	25
Figura 11 Precio medio de la energía eléctrica por sector eléctrico .....	25
Figura 12 Usuarios regulados .....	26
Figura 13 Usuarios libres .....	26
Figura 14 Mapa de Potencial Geotérmico en el Perú .....	27
Figura 15 Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) .....	29
Figura 16 Rango de construcción de líneas privadas .....	30
Figura 17 Plan de Transmisión Internacional en Perú .....	31
Figura 18 Autorización necesaria para el desarrollo geotérmico .....	34
Figura 19 Resultados de las subastas de RER .....	39
Figura 20 Proceso de la subasta .....	40
Figura 21 Pasos de la selección en la subasta .....	41
Figura 22 Premio de precio base .....	42
Figura 23 Sistema de incentivos a la inversión privada en el sector eléctrico .....	44
Figura 24 Apoyo de GDF en plazo de un proyecto geotérmico .....	49
Figura 25 Sistema de fondo de GDF .....	50
Figura 26 Programa para financiero de geotérmica y transferencia de riesgos .....	52
Figura 27 El proceso de solicitar la utilización de recursos geotérmicos en Nueva Zelandia .....	54
Figura 28 Los objetivos cuantitativos de cada electricidad .....	55
Figura 29 Mapa de proyecto de Cerro Pabellón .....	56
Figura 30 Participación de riesgos por PPP en Cerro Pabellón .....	57
Figura 31 Programa de reducción de riesgos en Cerro Pabellón .....	57
Figura 32 Incentivos de proyectos en Cerro Pabellón .....	58
Figura 33 Transición del esquema del desarrollo geotérmico desde del sector público al privado .....	61
Figura 34 GEOCATMIN como bases de datos sobre minas y geología .....	63
Figura 35 El marco de factores de inhibiciones en desarrollo geotérmico .....	70
Figura 36 Balance del proyecto geotérmico en el Perú .....	73
Figura 37 Desglose de reducción de emisión de CO2 de INDC .....	87
Figura 38 Cronograma de generación de energía geotérmica para contribuir al INDC .....	89
Figura 39 Asistencia para la preparación de proyectos de inversiones privadas para el desarrollo	

geotérmico en el Perú.....	90
Figura 40 Tasa de éxito de perforaciones en etapas de exploración, desarrollo y operación.....	112
Figura 41 LCOE de plantas geotérmicas .....	112

## Lista de Tablas

Tabla 1 Cronograma del proyecto.....	4
Tabla 2 Entrevista en Perú (1ra visita).....	5
Tabla 3 Entrevista en Perú (2da visita) .....	6
Tabla 4 Planificación del personal.....	6
Tabla 5 Marco Legal de Inversiones.....	7
Tabla 6 Número y tipo de inversión según la clase de empresa .....	8
Tabla 7 Marco legal de PPP.....	9
Tabla 8 Promotores según cantidad de inversión del proyecto y tipo de inversión .....	10
Tabla 9 Resumen de la solicitud de 4 tipos de proyectos de PPP .....	11
Tabla 10 Lista de proyectos de PPP (electricidad).....	15
Tabla 11 Política Energética Nacional del Perú 2010-2040 .....	17
Tabla 12 Cantidad de reducción de emisiones en 2030 (Escenario de BAU).....	18
Tabla 13 Marco legal sobre proyectos de electricidad y generación de energía geotérmica .....	19
Tabla 14 Tendencias de la importación y exportación de energía [MToe].....	22
Tabla 15 Productores principales de electricidad en Perú y sus producciones (2014).....	23
Tabla 16 Transmisores principales de electricidad en Perú y sus longitudes de transmisión (2014)..	24
Tabla 17 Áreas de exploración de energía geotérmica (Mayo 2016).....	28
Tabla 18 Organizaciones principales y sus funciones en el sector eléctrico.....	32
Tabla 19 Organizaciones principales y sus funciones en el desarrollo geotérmico .....	33
Tabla 20 Concesión de desarrollo geotérmico .....	35
Tabla 21 Requerimiento de EIA para el desarrollo geotérmico.....	36
Tabla 22 EIA para construir plantas de electricidad .....	36
Tabla 23 Categorías de EIA.....	37
Tabla 24 EIA para el desarrollo geotérmico .....	37
Tabla 25 Subasta de RER .....	38
Tabla 26 Precios de venta del departamento de regulación .....	43
Tabla 27 Esquema para compartir costos y riesgos (para su propio país) .....	45
Tabla 28 Esquema de costo y riesgo compartido (Multidonantes y Fondos) .....	46
Tabla 29 Descripción de GDF .....	48
Tabla 30 Programa de financiero de energía geotérmica y transferencia de riesgos .....	51
Tabla 31 Esquemas relacionados con el avance de las inversiones en generación de electricidad geotérmica en la fase inicial de desarrollo.....	53
Tabla 32 Lista de entrevista en Chile.....	56
Tabla 33 Creación de capacidad para INGEMMET (A) .....	64

Tabla 34 Creación de capacidad para INGEMMET (B).....	65
Tabla 35 Desarrollo de capacidades para INGEMMET .....	66
Tabla 36 Equipamiento de INGEMMET para estudios de geotérmica.....	67
Tabla 37 Número de empleados para el desarrollo geotérmico (50MW) .....	69
Tabla 38 Número de empleados para la fase de exploración de geotérmica (50MW).....	69
Tabla 39 Dirección de identificación de problemas y solucionarlos mediante la promoción del desarrollo geotérmico por inversión privada (borrador) .....	71
Tabla 40 Resultado de la estimación en el caso de utilizar finanzas privadas (financiamiento de proyectos).....	74
Tabla 41 Resultado de la estimación en el caso de utilizar finanzas privadas (finanzas corporativas) .....	74
Tabla 42 Impactos a las inversiones privadas en el caso de que las soluciones sean realizadas por el gobierno del Perú (directo) .....	76
Tabla 43 Impactos a las inversiones privadas en el caso de que las soluciones sean efectuadas por el gobierno del Perú (indirecto) .....	77
Tabla 44 Requisitos de los procedimientos concretos al gobierno del Perú hacia las soluciones.....	79
Tabla 45 Resultados de entrevistas a los desarrolladores privados sobre el desarrollo. ....	80
Tabla 46 Esquema para mejorar factibilidad de proyecto de desarrollo geotérmico de la JICA .....	82
Tabla 47 Resumen de la asistencia de inversiones de la JICA en el extranjero.....	83
Tabla 48 Resultado de estimación de FIRR en caso de no utilizar préstamo de la JICA .....	84
Tabla 49 Resultado del cálculo de FIRR en caso de utilizar préstamo y subvención de GDF .....	84
Tabla 50 Resultados de estimación de PPA (borrador) .....	85
Tabla 51 Resultado de cálculo de precio de PPA de generación de electricidad geotérmica y central térmica de gas natural que son FIRR 12% .....	86
Tabla 52 Políticas de mitigación planificadas por el sector de energía .....	88
Tabla 53 Impactos de reducción de emisión de CO2 en el sector de energía para 2030 .....	89
Tabla 54 Distribución de costo de O&M y cantidad de inversión para desarrollo geotérmico .....	109
Tabla 55 Monto de inversión estimada cada fase de desarrollo geotérmico.....	110
Tabla 56 Costo estimado de O&M de generación de electricidad geotérmico .....	110
Tabla 57 Cronograma indicativo de desarrollo geotérmico .....	111

# 1. Objetivos y contenido del estudio

## (1) Antecedentes

La demanda de energía (cantidad del consumo final) en el contexto de un fuerte crecimiento económico en los últimos años en el Perú ha aumentado con un promedio anual del 8% y, si continúa el crecimiento a este ritmo, para el 2030 se necesitará triplicar la generación y capacidad de suministro de la energía eléctrica.

El gobierno peruano promulgó las "Leyes y reglamentos relacionados con la promoción de la inversión en la generación de energía utilizando energías renovables" (2008), anunciando una política en la que el 5% del consumo total de energía en 2013 sea cubierto por la energía renovable. De acuerdo con las leyes y regulaciones, el gobierno peruano ha establecido un marco de compra de energía renovable, y planea asegurar energía renovable a través de subastas con la participación del sector de generación de energía. Sin embargo, sólo ha alcanzado el 1,5% a finales de 2015, con un desglose de 1,4% de pequeñas centrales hidroeléctricas, el 0,5% de biomasa, 0,4% de luz solar, y 0.5% de eólica, requiriendo así una expansión adicional.

Por otro lado, en relación con la generación de energía geotérmica, aunque se ha informado de que hay una gran cantidad de recursos disponibles con más de 3.000 MW explotables, aún no hay historial de desarrollo. El gobierno peruano está promoviendo la actividad de generación de energía a través de la iniciativa del sector privado con la promulgación de la "Ley de la Industria Eléctrica" de 1992 e incluso para la generación de energía geotérmica, se han aportado los derechos de exploración a empresas privadas en unos 18 lugares en mayo de 2016. Sin embargo, como el riesgo de inversión en la fase inicial, como la prospección etc., representa un obstáculo, no se han visto avances en el desarrollo. En tales circunstancias, el gobierno peruano está considerando llevar a cabo un proyecto piloto de desarrollo geotérmico usando fondos públicos en la provincia de Tacna.

El gobierno de Perú, incluso después de la ejecución del proyecto piloto en la Provincia de Tacna, continuó la política para el desarrollo geotérmico mediante la inversión privada, con la intención de promover el desarrollo de la inversión privada para el resto de los sitios geotérmicos prometedores. Sin embargo, tomando en cuenta la experiencia en otros países, se prevé que el desarrollo geotérmico por parte de la inversión privada en el Perú será difícil sin precisar de los gastos financieros o apoyo por parte del gobierno, o sin la introducción de medidas de reducción del riesgo en el desarrollo de energía geotérmica.

Este proyecto, en el contexto de continuar con el desarrollo geotérmico bajo la inversión privada en Perú, tiene como objetivo confirmar y considerar los factores de obstáculo del sistema existente, el sistema de gastos financieros/apoyo y la mitigación de riesgos viable para el gobierno del Perú y, adicionalmente, el posible uso de un menú de apoyo a la infraestructura de asociación público-privada (PPP), recolectando la información básica que sirva de base para un programa de desarrollo geotérmico óptimo diseñado para el gobierno peruano y un esquema de apoyo para la promoción del desarrollo geotérmico en el que pueda cooperar la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) .

(2) Objetivos

El objetivo es considerar y proponer un esquema de apoyo para la promoción del desarrollo geotérmico por parte de la Asistencia Oficial para el Desarrollo en el que pueda cooperar JICA Equity Back Finance (EBF), Viability Gap Funding (VGF), incremento del crédito stand-by para infraestructura PPP, o inversiones de JICA en el extranjero, recolectando la información básica que sirva de base para el programa de desarrollo geotérmico basado en la inversión privada, una vez organizadas las diversas condiciones que actúan como impedimentos para la promoción de la inversión privada en el desarrollo geotérmico en Perú.

(3) Área del estudio

Lima, República del Perú

(4) Contraparte

Las organizaciones principales del Perú son las siguientes.

Ministerio de Energía y Minas, MEM

Dirección General de Electricidad

Dirección de Concesiones Eléctricas

Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos, DGAAE

Ministerio de Economía y Finanzas, MEF

Dirección General de Política de Promoción de la Inversión Privada )

Dirección General de Endeudamiento y Tesoro Público

Ministerio de Economía y Finanzas, INGEMMET

Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

(5) Proceso de trabajo

La Tabla 1 muestra el proceso de trabajo. El trabajo inició desde marzo de 2016. El contenido del estudio es como sigue:

1<sup>er</sup> estudio en Japón: investigaciones de reglamentos del Perú, y políticas de otros países para la promoción de desarrollo geotérmico, entrega del informe inicial a fines de marzo de 2016 al Japón

1<sup>er</sup> estudio en Perú: entrevistas con las organizaciones del gobierno peruano y desarrolladores geotérmicos. La Tabla 2 muestra la lista de entrevistas.

2<sup>do</sup> estudio en Japón : preparación del informe de la primera visita al Perú, investigaciones de políticas para promover el desarrollo geotérmico por inversiones privadas y asistencia de la JICA,

2<sup>do</sup> estudio en Perú : propuesta a las organizaciones del gobierno de peruano en Lima sobre las

políticas para promover el desarrollo geotérmico por inversiones privadas,  
organizar seminario. La Tabla 3 muestra la lista de entrevistas.

3<sup>er</sup> estudio en Japón : preparación del informe final



Tabla 2 Entrevista en Perú (1ra visita)

Entidad	División	Posición	Nombre	Fecha de reunión
Embajada del Japón en el Perú	-	Primer Secretario	Masafumi Yamashita	13 de Mayo
	-	Segundo Secretario	Masahi Yamazaki	13 de Mayo
Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)	-	Representante Residente	Masayuki Eguchi	13 de Mayo
	-	Representante Residente Asistente, Sectorista Senior	Yusuke Takahashi	9 de Mayo
Ministerio de Energía y Minas (MEM)	Dirección General de Electricidad	Director de Concesiones Eléctricas	Alcides Claro Pacheco	12 de Mayo
	Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos (DGAAE)	Director General de Asuntos Ambientales Energéticos	Renato Baluarte Pizarro	9 de Mayo
Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)	Dirección General de Inversión Pública	Sectorista de Energía, Minas y Telecomunicaciones	Manuel Fernando Starke Rojas	10 de Mayo
	Dirección General de Endeudamiento y Tesoro Público	Director General	Carlos Augusto Blanco Caceres	13 de Mayo
	Dirección General de Inversión Pública	Experto de JICA, Asesor en Préstamos AOD	Mitsuo Sakamoto	13 de Mayo
Ministerio del Ambiente (MINAM)	Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos	Director General	Eduardo Durand López - Hurtado	12 de Mayo
	Oficina de Cooperación Internacional y Negociación	-	Jaime Adolfo Cabrera Valencia	12 de Mayo
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)	-	Presidenta del Consejo Directivo	Susana G. Vilca Achata	11 de Mayo
	Dirección de Recursos Minerales y Energéticos	Geofísico	Elmer Francisco Zegarra Figueroa	11 de Mayo
	Dirección de Recursos Minerales y Energéticos	Ingeniero geólogo	Luis Enrique Vargas Rodríguez	11 de Mayo
Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN)	Gerencia de Regulación Tarifaria	Gerente Eléctrica y Transmisión	Jaime R. Mendoza Gacon	11 de Mayo
Agencia de Promoción de la Inversión Privada (Pro Inversión)	Dirección de Servicios al Inversionista	Asesor Técnico	Javier Mello González	10 de Mayo
Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC)	Departamento de Planificación de la Transmisión	Director de Planificación de Trasmisión	Eduardo Antúnez de Mayolo	13 de Mayo
	Departamento de Planificación de la Transmisión	Sub Director de Planificación	Freddy Portal Wong	13 de Mayo
EDC Energía Verde Perú S.A.	Gerencia	Gerente de país	Carlos Nino Neira Ramos	10 de Mayo
EGP Peru	Desarrollo de Negocios	Representante en el país	Jean Philip Bellavia	13 de Mayo
Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	Oficina Perú	Jefe de Operaciones	Masami Yamamori	9 de Mayo
	Oficina Perú	Departamento de Financiamiento Estructurado y Corporativo	Federico Lau Pun	9 de Mayo
	Oficina Perú	tbd	Enrique Rodríguez Flores	19 de Mayo
kw Development Bank	kw Office Lima	Jefe de División Agricultura y Manejo de Recursos Naturales América Latina y El Caribe	Jens Mackensen	19 de Mayo
Banco de Desarrollo de América Latina (CAF)	Recursos Financieros Institucionales	Director	Felix Bergel	9 de Mayo
	Recursos Financieros Institucionales	Ejecutivo	Juan Francisco Blazquez	9 de Mayo
	Proyectos de Energía	Ejecutivo	Alejandro Pena	9 de Mayo
Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP)	Gerencia	Jefe	Pedro Gamboa	10 de Mayo
Deloitte Perú	Oficina de Lima	Gerente Senior de Financial Advisory Services	Borja Dfáz	9 de Mayo

Tabla 3 Entrevista en Perú (2da visita)

Entidad	División	Posición	Nombre	Fecha de reunión
AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON	-	Representante Residente Asistente, Sectorista Senior	Yusuke Takahashi	24 de Octubre
	-	Representante Residente Asistente, Sectorista Senior	Tatsuro Iwahashi	24 de Octubre
Ministerio de Energía y Minas (MEM)	-	Viceministro del Ministerio de Energía	Raúl Ricardo Pérez-Reyes Espejo	25 de Octubre
	Dirección General de Electricidad	Director de Concesiones Eléctricas	Alcides Claro Pacheco	24 de Octubre 27 de Octubre
Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)	Dirección General de Inversión Pública	Director General	Manuel Fernando Starke Rojas	27 de Octubre
	Dirección General de Inversión Pública	Asesor en Préstamos AOD	Mitsuo Sakamoto	27 de Octubre
Ministerio del Ambiente (MINAM)	Oficina de Cooperación Internacional y Negociación	-	Jaime Adolfo Cabrera Valencia	27 de Octubre
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)	-	Director de Recursos Minerales y Energéticos, Ingeniero geólogo	Jorge E. Chira Fernandez	24 de Octubre
	Dirección de Recursos Minerales y Energéticos	Licenciada en químico	Vicentina Cruz Paucara	24 de Octubre
Agencia de Promoción de la Inversión Privada (ProInversión)	Dirección de Servicios al Inversionista	Especialista en Inversiones	Lisbeth Loja Arroyo	25 de Octubre
EDC Energía Verde Perú S.A.	Gerencia	Gerente de país	Carlos Nino Neira Ramos	25 de Octubre
EGP Perú	EGP Chile	Business Developer	Sandro Bruni	25 de Octubre
	EGP Perú	Responsable de Asuntos Regulatorios Peru	Luis Flores Alvarado	25 de Octubre
Deloitte Perú	Oficina de Lima	Gerente Senior de Financial Advisory Services	Daniel Ramos	24 de Octubre

(6) Planificación del personal

La Tabla 4 muestra la planificación del personal.

Tabla 4 Planificación del personal

	Responsabilidad	Nombre	Afiliación
en Perú	Jefe del equipo / Finanzas y análisis de riesgos	Masatoshi Nishimoto	Deloitte Touche Tohmatsu LLC
	Desarrollo geotérmico	Tsunetoshi Horie	Deloitte Touche Tohmatsu LLC
en Japón	Jefe del equipo / Finanzas y análisis de riesgos	Masatoshi Nishimoto	Deloitte Touche Tohmatsu LLC
	Desarrollo geotérmico	Tsunetoshi Horie	Deloitte Touche Tohmatsu LLC
	Investigación del sector eléctrico y desarrollo geotérmico	Akinori Kawamoto	Deloitte Touche Tohmatsu LLC
	Investigación de finanzas y preparación de seminario	Mayuko Norito	Deloitte Touche Tohmatsu LLC
	Investigación de legislaciones y regulaciones para el desarrollo geotérmico / Análisis de riesgos	Hitoshi Banno	Deloitte Touche Tohmatsu LLC
	Traducción de español	Yukinori Watanabe	Deloitte Touche Tohmatsu LLC

## 2. Promoción de inversiones privadas en el Perú

El gobierno peruano garantiza incentivos para las inversiones extranjeras así como para las inversiones domésticas. No existen restricciones a las inversiones extranjeras como tasa mínima de producciones domésticas, obligación de obtenciones domésticas y exportación, regulaciones de ventas domésticas, etc. Por lo tanto, se entiende que el gobierno peruano establece las regulaciones abiertas para las inversiones extranjeras.

El gobierno también promueve varios proyectos de infraestructuras por método de Asociaciones Pública-Privadas (PPP). En este capítulo, el equipo de la JICA investiga un sistema de promoción de inversiones privadas para PPP en Perú.

### (1) Marco legal

#### 1) Marco legal principal

El gobierno ha venido fomentando las inversiones privadas en la infraestructura a partir de 1990s estableciendo un marco legal<sup>1</sup>. El gobierno ha privatizado empresas públicas y también ha descentralizado proyectos de inversiones privadas a 24 gobiernos regionales y 195 gobiernos municipales. La Tabla 5 muestra transiciones del marco legal de inversiones privadas.

Actualmente, las inversiones en la infraestructura han sido principalmente implementadas por inversiones privadas.

Tabla 5 Marco Legal de Inversiones

L/D/SD/LD	Year	Basic Description
Law N° 30056	2013	It modifies several Laws to facilitate Investment, boost Production Development and Business Growth.
Supreme Decree N° 104-2013-EF	2013	It declares that the promotion and expedition of investments is a priority and of national interest.
Legislative Decree N° 977	2009	It establishes the Framework Law for the enactment of exonerations, incentives or tax benefits.
Supreme Decree N° 015-2004-PCM	2004	Regulation of Decentralized Investment Promotion Framework Law.
Law N° 28059	2003	Decentralized Investment Promotion Framework Law
Law N° 27972	2003	Organic Law of Municipalities
Law N° 27867	2002	Organic Law of Regional Governments.
Law N° 27783	2002	Decentralization Basis Law.
Law N° 27332	2000	Framework Law of Private Investment Regulatory Entities in Public Services
Supreme Decree N° 011-99-PE	1999	It orders an integrated administration of FOPRI and FONCEPRI resources under the Private Investment Promotion Fund Executive Direction.
Law N° 26438	1995	It modifies the Private Investment Promotion Law in State-owned companies.
Supreme Decree N° 094-92-PCM	1992	It approves the Regulation of legal security provisions in administrative subjects contained in the Framework Law for Private Investment Growth
Decree - Law N° 26120	1992	It modifies the Private Investment Promotion Law in State-owned companies.
Supreme Decree N° 070-92-PCM	1992	It approves the Regulation of the Private Investment Promotion Law in State-owned companies.
Legislative Decree N° 674	1991	It approves the Private Investment Promotion Law of State-owned companies.

Fuente: Preparado por el equipo de JICA en base de Proinversión HP y JETRO HP

<sup>1</sup> JETRO HP

## 2) Restricción de la tasa de inversiones extranjeras

Sobre la restricción de tasa de inversión a las empresas extranjeras de desarrollo geotérmico y al sector eléctrico; en Perú no existe ninguna restricción de tasa de inversión a capitales extranjeros.

## 3) Regulaciones de capital

En Perú se requiere el pago mínimo de 25% del capital registrado cuando se establecen empresas. El número de accionistas es de 2 a 20 para la sociedad anónima cerrada (S.A.C.) y las sociedades de responsabilidad limitada (S.R.L.), y no existe límite para las sociedades anónimas abiertas (S.A.A.). No se reconocen inversiones de ejecutivo y otras para S.R.L. Para inversionistas extranjeros es obligatorio el registro en Proinversión. La Tabla 6 muestra el número y tipo de inversión según la clase de sociedades.

Las sociedades de responsabilidad limitada colocan S.R.L. al final del nombre de empresa, establecen secciones de junta general de accionistas y un gerente, y la inversión se limita a inversiones en efectivo. Las sociedades de responsabilidad limitada individuales, se puede establecer con un solo inversionista, y al final del nombre de la empresa se coloca E.I.R.L. Las personas calificadas pueden ser un representante y/gerente concurrente. Se puede realizar inversiones en efectivo y en objetos.

Tabla 6 Número y tipo de inversión según la clase de empresa

	Number of investors	Investment type	Remarks
Open company (S.A. or S.A.A.)	More than 2	Cash & kind	Non-stock transfer restrictions
Close company (S.A.C.)	From 2 to 20	Cash	Stock transfer restrictions
Commercial limited company (S.R.L.)	From 2 to 20	Cash & kind	
One-person limited company (E.I.R.L.)	1	Cash & kind	

Fuente : JETRO HP “Reglamentos para inversiones del Perú”

## 4) Sistema de PPP

El gobierno del Perú promueve varios proyectos de infraestructuras por el método de PPP.

Con el objetivo de implementar las actividades de empresas privadas para promover trabajos públicos como infraestructuras, se estableció el sistema de PPP en el año 2008. Por lo tanto, proyectos de PPP han sido promovidos<sup>2</sup>.

Hay dos tipos de PPP. Uno es de “iniciativa pública” en el que el gobierno central, los gobiernos regionales y municipales políticamente proponen el desarrollo de infraestructura y ofrecen técnica del sector privado, conocimiento, construcciones con inversiones públicas.

El otro es de “iniciativa privada” en el que las empresas privadas proponen implementaciones de trabajos públicos por inversiones privadas y ofrecen construcciones de infraestructura y servicio.

---

<sup>2</sup> JETRO HP

El procedimiento y los pasos han sido clarificados por el sistema de marco legal y han sido mejorados. La Tabla 7 muestra el Marco legal de PPP.

Tabla 7 Marco legal de PPP

Ley and regulation	Year	Discription
Legislative Decree N° 1224	2015	Legislative Decree of the Private Investment Promotion Framework by Public Private Partnership and Projects in Assets
Supreme Decree N°376-2014-EF	2014	Modifies the regulations of Legislative Decree N°1012, approving the Legal Framework of Public Private Partnership in order to accelerate the Private Investment Promotion Process, approved by Supreme Decree N°127 -2014
SUPREME DECREE N° 127-2014-EF	2014	The Regulations of the Legislative Decree N°1012 is approved, approving the Public Private Partnerships Legal Framework in order to generate productive jobs and set rules to accelerate private investment promotion process
Supreme Decree N° 054-2013-PCM	2013	It approves the Special Provisions for the Execution of Administrative Procedures – PPAs
Supreme Decree N° 226-2012-EF	2012	It modifies the Regulation of Legislative Decree N° 1012, approved by Supreme Decree N° 146-2008-EF.
PROINVERSIÓN's Board Agreement N° 278-01-2009	2009	It approves the Directive "Processing and Assessment of Private Initiatives in Investment Projects"
Supreme Decree N° 146-2008-EF	2008	It approves the Regulation of the Framework Law of Public-Private Associations
Legislative Decree N° 1012	2008	It approves the Framework Law of Public-Private Associations for the generation of employment and dictates rules for the expedition of private investment promotion processes.
LeyN° 27293	2000	It regulates procedures of SNIP and mandates to conduct EIA for all public works.
Supreme Decree N° 021-98-PCM	1998	It specifies a General Mechanism to determine FONCEPRI revenue amount referred to in Legislative Decree N° 839, article 10
Law N° 26885	1997	It approves the Law of Incentives to concessions of infrastructure and public service works
Supreme Decree N° 132-97-EF	1997	It approves the Regulation of tax benefits for Private Investment in infrastructure and public service works
Supreme Decree N° 059-96-PCM	1996	Consolidated Text of Binding Rules that regulate the concession of infrastructure and public service works to the private sector

Fuente : Preparado por el equipo de la JICA en base de Proinversión HP

## (2) Organizaciones relacionadas y sus responsabilidades

En el Perú, una agencia del Gobierno de Perú que promueve inversiones privadas para proyectos de PPP de más de 15.000 UNITS propuestos por el gobierno central es Proinversión que depende de MEF. Los Gobiernos regionales y municipales también tienen una agencia de promoción de inversiones privadas, pero actualmente no hay muchos PPP de gobiernos regionales y municipales.

Los proyectos de inversiones privadas se clasifican según el proponente del proyecto (iniciativa pública vs. iniciativa privada), tipo de inversión (autosostenible vs. cofinanciado), y promotor del proyecto de inversión cambia dependiendo de la combinación de cada tipo.

La Tabla 8 muestra los promotores según la cantidad de inversión de proyecto y tipo de inversión. Proinversión maneja el progreso de proyectos, las ofertas y convocatorias de concesión sobre

proyectos cofinanciados con empresas privadas o proyectos de infraestructura de más de 15.000 UNIT con solo la inversión privada.

Tabla 8 Promotores según cantidad de inversión del proyecto y tipo de inversión

Category of proposers and project investment			Investment type	Promoter
Public initiative	Initiative of central government		Self-sustainable	Proinversión
			Co-financed	
	Regional governments and municipalities	>15.000 UNITS <sup>3</sup>	Self-sustainable	Proinversión
			Co-financed	
		<15.000 UNITS	Self-sustainable	Private Investment Promotion Agency of Region / Local Government
			Co-financed	Proinversión
Private initiative	Private companies	>15.000 UNITS	Self-sustainable	Proinversión
			Co-financed	
	<15.000 UNITS	Self-sustainable	Private Investment Promotion Agency of Region / Local Government	
		Co-financed	Proinversión	

Fuente: Preparado por el equipo de la JICA en base del estudio en Perú

### (3) Procedimientos

#### 1) Adecuación al SNIP

El punto a tenerse en cuenta para implementar los proyectos por iniciativa del gobierno nacional, gobiernos regionales y municipales, y cofinanciados con el sector privado es adecuarlos al Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) que regula los procesos, metodologías y las normas técnicas.

SNIP está bajo la dirección del departamento de inversión pública de MEF. Para mejorar la calidad del servicio público por inversiones privadas y promover el desarrollo y la operación efectiva, el gobierno define la política básica, el procedimiento, la metodología y las normas técnicas. Para la operación de proyectos públicos y servicios públicos sostenibles que contribuyen al bienestar nacional, SNIP es un sistema de evaluación de proyectos de inversiones privadas para mantener la calidad. SNIP opera proyectos de inversión que requieren fondos públicos del sector público y del sector de interés público excepto por finanzas.

El propósito del SNIP es lo siguiente

- Fomentar la aplicación del ciclo de inversión pública.
- Fortalecer la capacidad de planificación del sector público.

<sup>3</sup> En Perú, la Superintendencia Nacional de Administración Tributaria conjunta la tasa de UIT cada año para definir la tasa de impuesto y deducción. Por ejemplo, el impuesto sobre la renta se exenta si el salario es menos de 7 UNIT. 1 UNIT = 3.950 nuevo sol a partir de enero de 2016. Para los proyectos de APP, Proinversión es un promotor de inversión pública privada aunque el proyecto no sea del gobierno central, cuando el monto de inversión del proyecto excede de 15.000 UNITS.

- Crear las condiciones para el desarrollo de los planes de inversión pública por períodos de no menos de tres años.
- Proporcionar a los operadores públicos y al público en general, herramientas útiles para el seguimiento de la inversión pública.
- Identificar, documentar, analizar y apoyar para resolver los obstáculos en la ejecución de la cartera de inversión pública priorizada.
- Apoyar el desarrollo de habilidades en los actores "SNIP" para mejorar la toma de sus propias decisiones relacionadas con la ejecución de la inversión pública.

Se requiere un tiempo para obtener la aprobación de SNIP. Esto se debe a que los procesos complicados de evaluación y a la necesidad de obtener diversas aprobaciones de varias organizaciones. La decisión de implementar PPP es tomada por el GC (Consejo de Gobierno). GC es la organización suprema para tomar decisiones en Proinversión, y está integrada por MEF, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MEM, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y el Ministerio de Agricultura y Riego. También GC tiene la autoridad para aprobar la gama de proyectos de inversión privada y el plan básico para la promoción de la inversión privada. Como hay muchos casos en que los proponentes de proyectos reciben comentarios sobre el método de monitoreo insuficiente, los proponentes e tienen que prepararlos con anticipación.

## 2) Incentivos de PPP

Para promover inversiones privadas a niveles públicos como proyectos de infraestructura, se establecieron las leyes de Asociación Público-Privada (PPP) en 2008. El nuevo Marco legal de PPP y los reglamentos detallados fueron implementados en 2015, en la transición a la ley permanente desde la ley temporal. Aunque IVA de servicios y equipamientos obtenidos por concesión se trata de un impuesto, existe el sistema de reembolso del IVA. En caso de los proyectos de electricidad, es posible reembolsar IVA antes de la operación si se consigue el permiso de inversión de MEM y cuando la inversión sea más de USD 5 millones. Básicamente, todo lo que se compra es objeto de reembolso.

## 3) Pasos para la solicitud de proyectos de PPP

La Tabla 9 muestra resumen de la solicitud de 4 tipos de proyectos de PPP.

Tabla 9 Resumen de la solicitud de 4 tipos de proyectos de PPP

	Solo inversión privada	Co-inversión con privada
Iniciativa pública	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La información de proyectos se anuncia en la página web de ProInversion.</li> <li>• GC determina si los proyectos se efectúan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La información de proyectos se anuncia en la página web de ProInversion.</li> <li>• Es necesario adecuación al SNIP</li> <li>• GC determina si los proyectos se efectúan.</li> </ul>
Iniciativa privada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La información de proyectos la poseen las empresas privadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La información de proyectos la poseen las empresas privadas Es necesario la adecuación al SNIP</li> </ul>

La Figura 1 muestra el proceso de proyectos que, en su totalidad, son financiados por las empresas privadas y propuestos por el gobierno central y los gobiernos regionales. En este proceso, el gobierno central y los regionales llevan a cabo las iniciativas que se aplican a los proyectos de inversiones y know-how privados.

	Identifies and commissions project	Analysis of existing information	Issues Evaluation Report	Issues incorporation agreement	Prepares Promotion Plan	Reviews and approve P.P.	Issues S.R. for incorporation of P.P.	Bid term & announcement	Publish bid terms
<b>National</b>	Sector / Proinversión	Proinversión	Proinversión	GC*	Proinversión	Committee / GC	GC	Committee / GC	Committee
<b>Regional Municipal</b>	Proposer (Governments)	PIP	PIP	Regional Council	PIP	Committee / Regional Council	Regional / Local Council	Committee / Regional / Local Council	Committee of PIP
			Gov / Local Gov can translate this process to Proinversión				MEF favorable opinion is required if guarantee is involved		
	Receives questions about bid terms from bidder	Publishes new draft of bid term	Prepares contract	Receives questions/ amends contracts	Approves & forwards contract for review	Approves final contract version	Prepare preliminary report	Publishes final contract	Opening of EP and award
<b>National</b>	Proinversión / Sector Committee	Committee	Proinversión Committee	Proinversión Committee	Proinversión	GC, Committee Proinversión	GC / Committee	GC / Committee	Committee
<b>Regional Municipal</b>	PIP	Regional Committee	PIP Committee	PIP	PIP	Council, Committee, PIP	GC / Committee	Regional Council	Regional / Committee
	- PIP evaluates amendments	- PIP evaluate modifications with amends			- Favorable opinion of MEF, Sector and Regulator is required			- Including date of submission of TP and date of opening of EP	- If requirement for closure are met, the contract is endorsed and project closure activities are led by grantor

Figura 1 Proceso para solicitar proyectos de PPP autosostenibles (Iniciativa pública)

La Figura 2 muestra el proceso de proyectos que son cofinanciado por el gobierno del Perú, gobiernos regionales y empresas privados.

En este proceso, el gobierno central y los regionales llevan a cabo las iniciativas que se aplican a los proyectos, y que los gobiernos tienen que ofrecer, por cofinanciamiento y know-how privados. Las decisiones de los proyectos públicos se toman por MEM en los proyectos de energía.

	Identifies and commissions project	Analysis of existing information	SNIP / favorable opinion	Issues Evaluation Report	Issues incorporation agreement	Prepares Promotion Plan	Reviews approve Promotion Plan	S.R. for incorporation of P.P.	Bid Term & announcement	Publish bid terms
<b>National</b>	Sector / Proinversión	Proinversión	"SNIP"	Proinversión	GC	Proinversión	Committee / GC	GC	Committee / GC	Committee of Proinversión
<b>Regional Municipal</b>	Regional Government	Proinversión	"SNIP"	Proinversión	GC	Proinversión	Committee / Gov. Council	Regional / Local Council	Committee / GC	Committee of PIP
			- Proinversión through Formulating Unit develop Preinvestment studies					- MEF's favorable opinion is required		
	Receives questions about bid terms from bidder	Publishes new draft of bid term	Prepares contract	Receives questions/ amends contracts	Approves co-financing	Approves & forwards contract for review	Approves final contract version	Prepare preliminary report	Publishes final contract	Opening of EP and award
<b>National</b>	Sector / Proinversión	Committee	Proinversión	Proinversión Committee	MEF	Proinversión	GC Committee Proinversión	GC	Committee	Committee
<b>Regional Municipal</b>	PIP		PIP		MEF	PIP		GC	Regional Municipal Council	Regional / Municipal Council
	- PIP evaluated amendments	- Proinversión evaluate modifications with amends			- PIP and CG are involved in this process	- Favorable opinion of MEF, Sector and Regulator is required				

Figura 2 Proceso para solicitar proyectos de PPP cofinanciados (Iniciativa pública)

La Figura 3 muestra el proceso de proyectos financiados y propuestos por empresas privadas. Este proceso se aplica a los proyectos públicos por inversiones y know-how privados. Estos proyectos son principalmente propuestos por empresas nacionales y el capital extranjero. La garantía del gobierno está limitada al 5 % de la inversión.

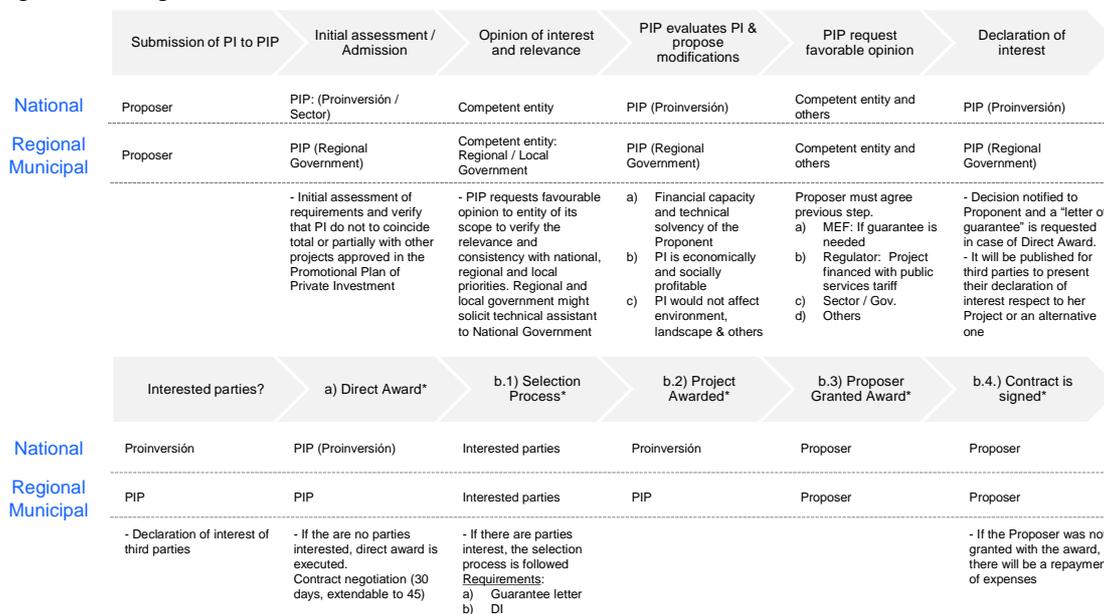


Figura 3 Proceso para solicitar proyectos de PPP autosostenibles (Iniciativa privada)

La Figura 4 muestra el proceso de proyectos que son cofinanciados por el gobierno del Perú, gobiernos regionales y empresas privadas. Este proceso se aplica a los proyectos públicos que los Gobiernos central y locales tienen que ofrecer para cofinanciamientos y know-how privados. Estos proyectos son propuestos por las empresas privadas.

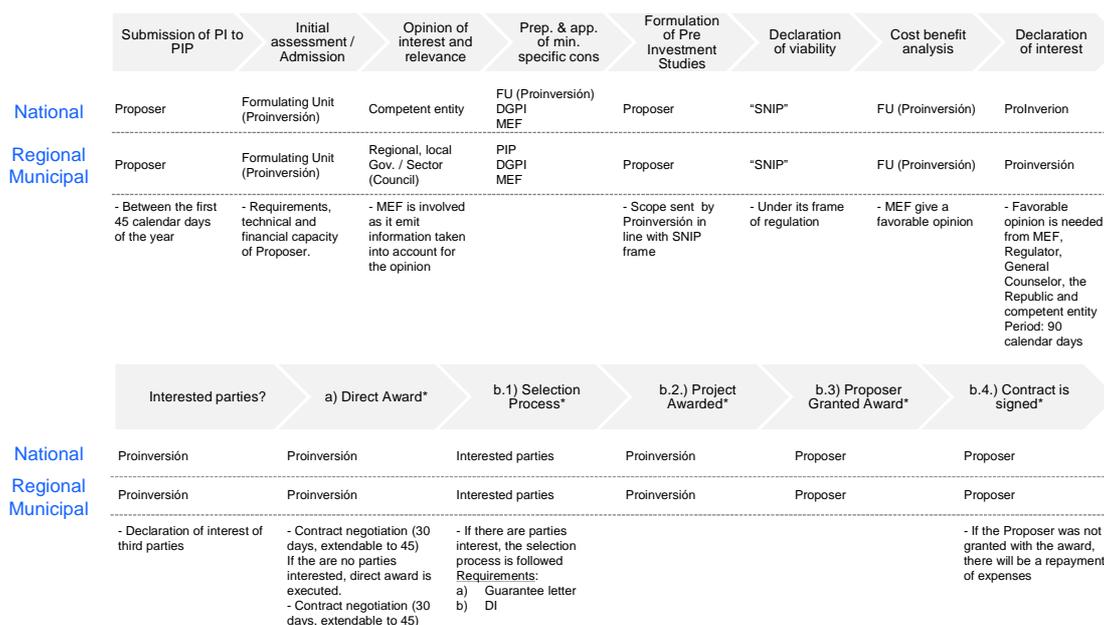


Figura 4 Proceso para solicitar proyectos de PPP cofinanciados (Iniciativa privada)

#### (4) Apoyo financiero

Casi todos proyectos de electricidad han sido desarrollados por inversiones privadas. Existe un criterio de que los proyectos dirigidos por el sector privado se implementan automáticamente cuando ellos aseguren provecho sin necesidad del apoyo financiero del estado. Sin embargo, los proyectos de electricidad por iniciativa pública desarrollan solo por inversiones privadas. La Tabla 10 muestra la lista de proyectos de PPP para la electricidad.

Como la tabla indica, todos los proyectos son únicamente inversiones privadas (autosostenibles).

Tabla 10 Lista de proyectos de PPP (electricidad)

Región	Proyecto	Descripción	Plazo de contrato	Fecha de adjudicación	Modalidad	Inversión estimada
Loreto	Suministro de energía para Iquitos	Construcción de la línea de transmisión y una planta termoeléctrica para suministrar energía eléctrica a la ciudad de Iquitos. Este generador pasará a ser una “reserva fría” que operará cuando se requiera el abastecimiento de energía eléctrica ante alguna falla del sistema. La buena pro de este proyecto se adjudicó a la empresa Genrent do Brasil Ltda.	20	16/05/2013	Autosostenible	100 m US\$
Loreto / San Martín	Línea de transmisión Moyobamba-Iquitos y subestaciones asociadas	Construcción de una línea de transmisión con una longitud de más de 600 km para interconectar el sistema eléctrico de Iquitos al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). La buena pro de este proyecto se adjudicó al Consorcio Isolux Transmisora Peruana.	30	5/06/2014	Autosostenible	499,2 m US\$
Cajamarca / San Martín	Línea de transmisión Carhuaquero - Cajamarca norte - Cáclic - Moyobamba	El proyecto contribuye al avance en la interconexión de los sistemas aislados de la zona oriental del Perú, Bagua-Jaén, Cáclic-Chachapoyas y Tarapoto-Moyobamba, con el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). La buena pro del proyecto se adjudicó a la empresa Cobra Instalaciones y Servicios S.A.	30	22/11/2012	Autosostenible	106,9 m US\$
Pucallpa / Puerto Maldonado	Reserva fría de generación eléctrica en la selva	Se instalarán dos nuevas centrales de generación termoeléctrica en Pucallpa (Ucayali) y Puerto Maldonado (Madre de Dios). El suministro eléctrico proveniente de ambos generadores, que estará enlazado al sistema nacional, contribuirá a dar seguridad al abastecimiento continuo de energía eléctrica a la red nacional, en casos de emergencia. La buena pro de este proyecto se adjudicó al Consorcio Energías del Perú.	20	5/10/2012	Autosostenible	55 m US\$
Ayacucho / Huancavelica / Junín	Línea de transmisión Friaspata-Mollepata y subestación Orcotuna	El proceso de concesión incluyó el diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento de la línea de transmisión Friaspata-Mollepata y la nueva subestación Orcotuna. Estas obras permitirán una mejor atención de la demanda de energía eléctrica en las regiones de Junín, Huancavelica y Ayacucho. La buena pro de este proyecto se adjudicó a la empresa Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P.	30	7/08/2014	Autosostenible	38,8 m US\$
Arequipa / Huancavelica / Ica / Moquegua	Línea de transmisión Mantaro – Marcona – Socabaya – Montalvo y subestaciones asociadas	Esta concesión permitirá que la energía generada en el centro se transmita hacia el sur, con el fin de atender la demanda que se producirá en el mediano plazo en la zona de influencia del proyecto. La buena pro de este proyecto se adjudicó a la empresa Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P.	30	18/7/2013	Autosostenible	278,4 m US\$
Lima	Subestación Carapongo y enlaces de conexión a líneas asociadas	Este proyecto permitirá hacer un uso más eficiente de la energía eléctrica en Lima Metropolitana proveniente de las líneas de transmisión del centro y sur del país. La buena pro de este proyecto se adjudicó a la empresa CONSORCIO TRANSMANTARO S.A.	30	22/7/2015	Autosostenible	42,7 m US\$
Lima	Línea de transmisión la planicie-industriales y subestaciones asociadas	El proceso de concesión estuvo orientado a la atención de la demanda eléctrica de la zona sur y este de Lima Metropolitana. Consiste en la concesión del diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento de una línea de transmisión de 16,6 km. Los últimos 5 km de la línea serán subterráneos. La buena pro de este proyecto se adjudicó a la empresa Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P.	30	29/05/2014	Autosostenible	35,4 m US\$

Cusco	Línea de transmisión Machupicchu - Quencoro – Onocora - Tintaya y subestaciones asociadas	La construcción de la línea contribuirá también a resolver los problemas de sobrecarga, inestabilidad y congestión del transporte de energía eléctrica en esa zona del país. La buena pro del proyecto se adjudicó a la empresa Abengoa Perú S.A.	30	21/02/2013	Autosostenible	114.3 m US\$
Puno	Línea de transmisión Azángaro-Juliaca-puno	El proyecto contribuye a cubrir la demanda creciente de energía en la región Puno, permitiendo superar las limitaciones de la actual línea de 138 kV por su antigüedad y capacidad. La nueva línea de 220 kV reforzará el suministro eléctrico en la zona. La buena pro del proyecto se adjudicó al consorcio Red Eléctrica Internacional S.A. – AC Capitales SAFI.	30	12/02/2015	Autosostenible	36.8 m US\$
Arequipa	Central hidroeléctrica de Molloco	Este proyecto está diseñado para generar electricidad aprovechando los recursos hídricos de la cuenca del río Molloco y parte de las aguas del río Palca. Ello permitirá aumentar la producción eléctrica nacional en 300 MW. La buena pro de este proyecto se adjudicó al Consorcio CEE (Corsan Corviam-Engevix-Enex).	5	21/03/2013	Autosostenible	600 m US\$
Arequipa / Moquegua	Nodo energético en el sur	Tendremos otro núcleo de generación eléctrica, conformado por dos centrales térmicas, que será adicional al que ya existe en la costa central del país. Usará el gas transportado por el Gasoducto Sur Peruano. La central térmica de Mollendo, adjudicada a la empresa Samay I, operará desde mayo de 2016 y la central térmica de Ilo, adjudicada a la empresa Enersur, operará desde marzo de 2017.	20	29/11/2013	Autosostenible	700 m US\$
Tacna	Línea de transmisión Montalvo-los héroes y subestaciones asociadas	El proyecto afianza el suministro eléctrico a la ciudad de Tacna y su área de influencia, al construir una nueva línea de transmisión eléctrica que permita junto con la Línea de Transmisión 220 kV Moquegua – Los Héroes (actualmente en operación) y la energía proveniente de la Central Hidroeléctrica de Aricota cubrir con suficiencia y calidad la demanda actual y futura de Tacna. La buena pro de este proyecto se adjudicó al Interconexión Eléctrica S.A.	30	16/12/2015	Autosostenible	20,2 m US\$
Ancash / Arequipa / Cajamarca / La Libertad / Lambayeque / Moquegua / Tacna	Masificación del uso del gas natural	Este proyecto es una masificación del uso del gas natural que comenzó desde 2015 y promueve el uso del gas natural. La buena pro de este proyecto se adjudicó al Gasoducto Sur Peruano.	20	25/07/2013	Autosostenible	205 m US\$
Arequipa / Cusco / Moquegua	Gasoducto sur peruano	Este proyecto incluyó el diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento de gasoducto para el gas transportado. a) gasoducto y oleoducto de planta de Malvinas en punto de conexión con el sistema de oleoducto actual; b) el gasoducto transporta a la costa sur desde el punto de conexión. Sección 1 conecta al punto de conexión en Urcos (Cusco) y sección 2 conecta con Mollendo e Ilo desde Urcos. La buena pro de este proyecto se adjudicó a Gas Natural Internacional SDG.	30	30/06/2014	Autosostenible	3.643 m US\$

Fuente : Preparado por el equipo de la JICA en base de Proinversión HP

### 3. Situaciones actuales y problemas en el sector de generación eléctrica y desarrollo geotérmico

Es necesario conocer las situaciones actuales del mercado eléctrico y las regulaciones de desarrollo geotérmico para investigar y evaluar la factibilidad de proyectos. En este capítulo, el equipo de la JICA evaluó las situaciones actuales para estudiar un esquema de promoción de desarrollo geotérmico por inversiones privadas sobre el sector eléctrico en Perú, sistema de desarrollo geotérmico, situación de mercado, tendencia de desarrollo geotérmico, etc. El equipo también analizó problemas para promover inversiones privadas en base de los resultados del estudio.

#### (1) Marco legal

##### 1) Políticas y regulaciones

La “Política Energética Nacional del Perú 2010-2040” aprobada en noviembre de 2010 propone 9 objetivos (anunciado por MEM).

Las políticas de energía en Perú se enfocan en la mejora de la autosuficiencia y suministro estable de energía dentro del ambiente competitivo, utilizando inversiones privadas.

Los objetivos de largo plazo de la política son los siguientes. La Tabla 11 muestra la “Política Energética Nacional del Perú 2010-2040”

- diversidad de origen de energía por el desarrollo de recursos interiores (desde la dependencia del petróleo al aumento de producción y consumo de energía renovable, gas natural y GNL)
- promoción del desarrollo de energía renovable (hidroeléctrica (menos de 20MW), geotérmica, eólica, biomasa, solar, etc.)
- promoción de electrificación rural
- promoción de utilización eficiente de energía
- desarrollo sostenible con impacto mínimo sobre el medio ambiente
- reducción de emisión de gases de efecto invernadero
- unificación de mercado de energía rural, etc.

Tabla 11 Política Energética Nacional del Perú 2010-2040

9 objetivos
1. Contar con una matriz energética diversificada, competitiva y con énfasis en las fuentes renovables y la eficiencia energética.
2. Contar con un abastecimiento energético en un marco de Desarrollo Sostenible.
3. Gozar de acceso universal al suministro energético.
4. Contar con la mayor eficiencia en la cadena productiva y de uso de la energía, que incluya la aplicación productiva intensiva.
5. Ser autosuficientes en la producción de energéticos.
6. Contar con un sector energético con mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono.
7. Tener una industria del gas natural desarrollada y empleada en actividades de transporte, comercio e industria, así como la generación eléctrica eficiente.
8. Lograr el fortalecimiento de la institucionalidad del sector energético.
9. Estar integrados con los mercados energéticos de los países de la región, en los casos que sean favorables para el logro de una visión a largo plazo.

Fuente : Preparado por el equipo de la JICA en base de “Propuesta de Política Energética de Estado Perú 2010-2040” y “Informe de la investigación de demanda y oferta de petróleo internacional (La investigación de tendencias de las políticas energéticas extranjeras), 2014, Agencia de Recursos Naturales y Energía, METI”

En el COP 21 celebrado en París, Perú propuso el objetivo de reducir las emisiones de CO2 en un 30 % para el año 2030 en comparación con BAU (Business as Usual) del año 2010. La Tabla 12 muestra la cantidad de reducción de emisiones en 2030 (Escenario de BAU).

INDC de Perú está suponiendo una reducción de emisiones del 30 % en comparación con BAU para el año 2030. INDC<sup>4</sup> de Perú está suponiendo una reducción de emisiones del 30 % en comparación con BAU para el año 2030. La cantidad de emisión nacional del Perú planeada es inferior a 298,3 [Mt-CO2] por uso y cambio de la tierra, y silvicultura (LULUCF).

El desglose de la reducción del 30% en el plan consiste en una reducción del 20 % mediante el uso de fondos públicos y privados de Perú, y la reducción restante del 10 % mediante el uso de fondos internacionales.

Según la entrevista con MEM y MINAM, los métodos concretos de INDC para cumplir los objetivos están en estudio

Tabla 12 Cantidad de reducción de emisiones en 2030 (Escenario de BAU)

año	Emisión [MtCO2]	
	Uso y cambio de la tierra, y silvicultura	Excluido el uso y cambio de la tierra, y silvicultura
2010 (año base)	170,6	78,0
2030 (año objetivo)	298,3	139,3

Fuente : Intended Nationally Determined Contribution (INDC) from The Republic of Peru, Septiembre, 2015

## 2) Leyes y regulaciones

La Tabla 13 muestra el marco legal sobre proyectos de electricidad y generación de energía geotérmica.

<sup>4</sup> El INDC es un compromiso voluntario con un proyecto de reducción de emisiones hecho antes del COP21 de 2015, el objetivo son los asuntos relacionados con el cambio climático que se han determinado en cada país participante en el proceso de toma de decisiones. Básicamente se refiere a los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Tabla 13 Marco legal sobre proyectos de electricidad y generación de energía geotérmica

Legal framework	Year	Description
Regulation for geothermal resources law N° 019-2010-EM	2010	The regulation for exploration of geothermal resources and development procedure
Promotion of electricity generation from renewable energy Legislative Decree No. 1002	2008	It regulates RER auction and its procedure The 2008-2013 plan targets that 5% of the total power demand will come from renewable sources by 2013, excluding hydro plants over 20 MW
New Regulations of Electricity Generation from Renewable Energy Legislative Decree No. 1058	2008	The Decree No. 1058 allows for the accelerated depreciation (for income tax purposes) of up to 20% of the investments in machinery, equipment and civil construction for renewable energy generation.
Basic law of EIA Law N° 27447	2001	It regulates obligation to conduct EIA on certain projects
Basic law of geothermal resources Law N° 26848	1997	It regulates definition of development right and procedure on geothermal development.
Regulation of environmental protection in electrical project N° 29-94-EM	1994	It regulates detail procedures on electrical projects
Basic law of electricity concession Law N° 25844	1993	It regulates basic procedures on electrical projects

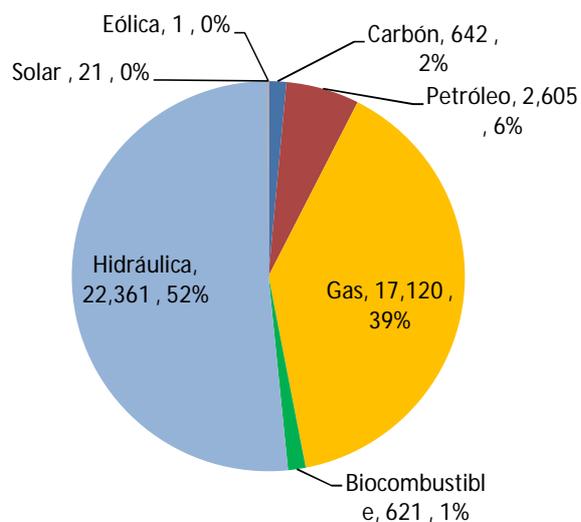
La Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos regula los procedimientos básicos y condiciones para conseguir concesiones de desarrollo geotérmico. El reglamento detallado regula los procedimientos de solicitud, cumplimiento, evaluación, notificación para la concesión de desarrollo geotérmico.

Para construir y operar las plantas geotérmicas, es normal aparte de realizar la concesión de desarrollo geotérmico al inicio del proyecto, se requiere adquirir la concesión de los proyectos, realizar los trámites de conexión a la red y EIA, investigar las áreas de explotación y verificar la posibilidad o no de desarrollo geotérmico, etc., realizar procedimientos, obtener permisos, verificar a otros órganos aparte de MEM. Sin embargo, en dicha ley y reglamento detallado no se indican claramente los “procedimientos completos” necesarios que los desarrolladores necesitan realizar.

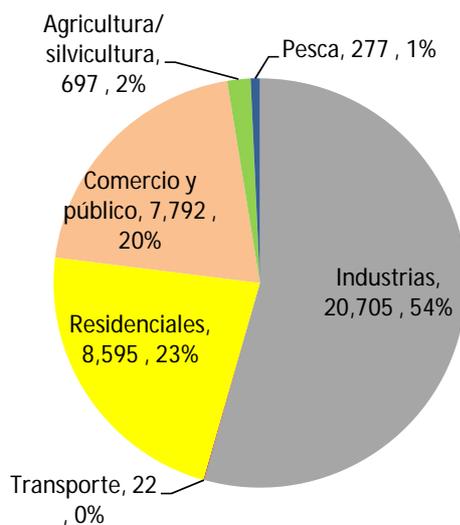
## (2) Situación actual

### 1) Demanda y suministro de electricidad en Perú

La Figura 5 y Figura 6 muestran la cantidad de generación eléctrica y la demanda de electricidad en el Perú. La electricidad en Perú es principalmente generada mediante la energía hidráulica y gas natural. Las industrias son el sector de mayor demanda.



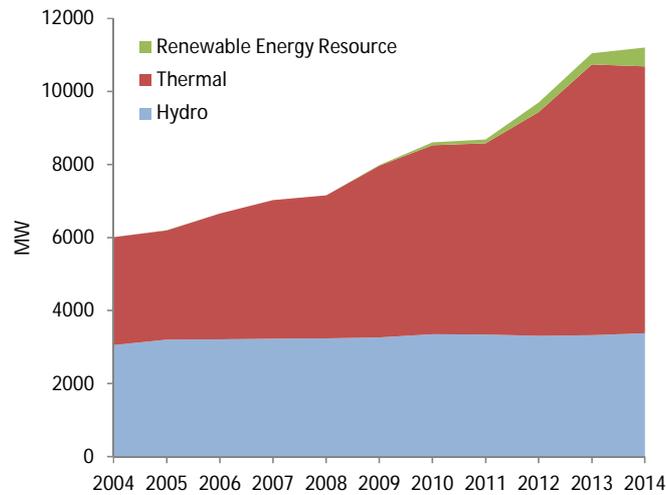
Fuente : IEA HP, Electricity and Heat for 2013  
 Figura 5 Cantidad de generación de energía en 2013



Fuente : IEA HP, Electricity and Heat for 2013  
 Figura 6 Demanda en 2013

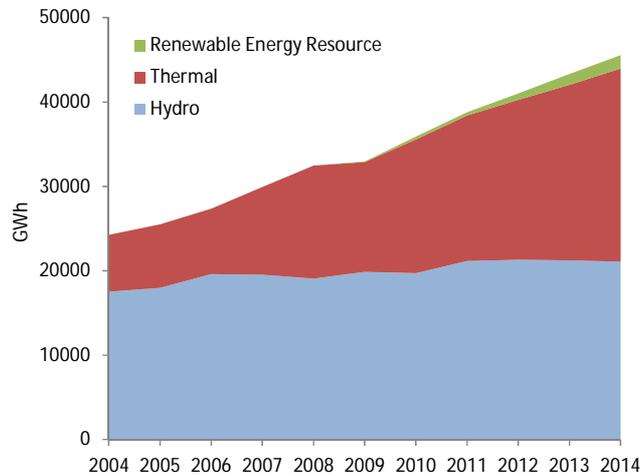
2) Tendencia de la capacidad instalada de generación de electricidad por tipo de tecnología

La Figura 7 se muestra la tendencia de la capacidad instalada de generación de electricidad por tipo de tecnología. Aunque se han establecido centrales térmicas de gas natural de acuerdo al aumento de la demanda (CAGR (Compound Average Growth Rate) =9.4%, 2004-2014), en los últimos años el aumento de generación de electricidad por RER es notable (CAGR=93.5%, 2004-2014).



Fuente : Anuario Ejecutivo de electricidad 2014, Ministerio de Energía y Minas  
 Figura 7 Potencia instalada del mercado eléctrico por tipo de tecnología

La Figura 8 muestra la producción del mercado eléctrico por tipo de tecnología. Como se muestra en la Figura 8, la cantidad de producción de electricidad está aumentando por las centrales térmicas de gas natural (CAGR=13.0%, 2004-2014). En los últimos años, el aumento de generación de electricidad por RER es notable (CAGR=105.2%, 2004-2014).



Fuente : Anuario Ejecutivo de Electricidad 2014, Ministerio de Energía y Minas  
 Figura 8 Producción del mercado eléctrico por tipo de tecnología

### 3) Exportación de gas natural

Perú es un país que exporta gas natural. Hay dos campos de gas natural y lo produce por sí mismo. [Proyecto Aguaytía]

El yacimiento de gas de Aguaytía se encuentra cerca de la ciudad provincial de Tingo María, alrededor de 600 km al noreste de la capital, Lima, y sus reservas de gas natural son de 4,4 Tcf. Desde 1998, ha producido 5,5 Mcf/d, y ha suministrado 160 MW a la central eléctrica, además de

1.300 b/d de GLP y 2.500 b/d de gas natural al mercado nacional.

[Proyecto Camisea]

El campo de gas de Camisea se encuentra en la selva amazónica del sureste, a alrededor de 1.200 kilómetros de la capital, Lima. Consiste en dos zonas mineras de gas del Río Camisea. El campo tiene reservas de 13 Tcf de gas natural y 600 millones de barriles de condensado. Inició el suministro de gas o gasoducto a la capital, Lima, en agosto del año 2004.

Tabla 14 Tendencias de la importación y exportación de energía [MToe]

Año	Gas natural		Petróleo crudo		Derivados del petróleo		Carbón	
	importación	exportación	importación	exportación	importación	exportación	importación	exportación
2008	0	0	4,9	0,9	1,9	2,9	0,7	0
2009	0	0	5,0	1,0	1,2	3,2	0,6	0
2010	0	2,0	4,8	1,0	1,9	3,9	0,7	2
2011	0	5,0	4,8	0,8	2,4	3,4	0,4	5
2012	0	5,0	4,6	0,8	2,8	4,2	0,5	5

Fuente : Informe de la investigación de demanda y oferta de petróleo internacional (La investigación de tendencias de las políticas energéticas extranjeras), 2014, Agencia de Recursos Naturales y Energía, METI

#### 4) Proporción de generación de RER

En el año 2008, el Gobierno del Perú ha promovido inversiones para la generación de electricidad de RER (No. 1002) que apunta a un porcentaje objetivo del 5 %, a excepción de la energía hidroeléctrica de presión baja. En los últimos años, la proporción de RER tiende a incrementarse. La Figura 9 se muestra la tendencia de suministro de RER.



Fuente : Anuario Ejecutivo de Electricidad 2014, Ministerio de Energía y Minas

Figura 9 Tendencia del suministro de RER

## 5) Mercado eléctrico

En 1992, el Mercado eléctrico en el Perú separó la generación, transmisión y distribución de electricidad (Ley de concesiones eléctricas Decreto Ley N° 25844) para formar un mercado altamente competitivo. Hay una restricción de proporción para entrar a proyectos de generación de electricidad y transmisión.

El permiso de OSINERGMIN es necesario en caso de una proporción superior al 5% sobre la generación o transmisión de electricidad (entrada de integración vertical) y una proporción superior a 15% (entrada de integración horizontal). La Tabla 15 muestra los productores principales de electricidad en el Perú y sus producciones. Los productores con una proporción de producción que excede del 15% son Electroperú, Edegel, Enersur y Kallpa.

Tabla 15 Productores principales de electricidad en Perú y sus producciones (2014)

Productores de electricidad	País	Nombre de empresas	Capacidad [MW]	Producción [GWh]	Capacidad en SEIN	Producción en SEIN
Estado Peruano	Perú	Electroperú	1.027	7.041	11%	17%
		Egasa	331	1.293	4%	3%
		Egensa	91	684	1%	2%
		San Gabán	119	775	1%	2%
		Egesur	59	273	1%	1%
		Subtotal	1.627	10.066	18%	24%
Enel	Italia	Edegel	1.557	7.890	17%	19%
		Chinango	196	958	2%	2%
		Eepsa	277	455	3%	1%
		Subtotal	2.030	9.303	22%	22%
Engie (antes GDF Suez)	Francia	Enersur	1.902	7.098	21%	17%
IC Power Holdings Limited	Israel	Kallpa	1.172	5.924	13%	14%
AEI Energy	Estados Unidos	Fenix Power	575	1.512	6%	4%
Duke Energy	Estados Unidos	Egenor	358	2.154	4%	5%
		Termoselva	192	380	2%	1%
		Subtotal	550	2.534	6%	6%
Statkraft	Noruega	Statkraft	268	1.728	3%	4%
Otro	-	-	1.125	3.631	12%	9%
SEIN total			9.248	41.796	100%	100%

Fuente : Anuario Ejecutivo de Electricidad 2014, Ministerio de Energía y Minas

La Tabla 16 muestra los transmisores principales de electricidad en Perú y sus longitudes de transmisión. Proporciona más del 15% de la longitud total de transmisión del Perú

Tabla 16 Transmisores principales de electricidad en Perú y sus longitudes de transmisión (2014)

Productores de electricidad	País	Nombre de empresa	Longitud de transmisión					Longitud total [km]	Longitud total (%)
			500 kV	220 kV	138 kV	60-75 kV	30-50 kV		
Abengoa	España	Abengoa Transmisión Norte		1.010	4			1.014	5%
		Abengoa Transmisión Sur	890	60			950	4%	
		Subtotal	890	1.070	4	0	0	1.964	9%
Grupo ISA	Colombia	Consorcio Transmantaro	949	1.088	41			2.078	10%
		Interconexión Eléctrica ISA Perú		262	131			393	2%
		Red de Energía del Perú		3.385	1.241	34		4.660	22%
		Subtotal	949	4.735	1.413	34	0	7.131	33%
otro	-	-		761	2.578	4.749	2.253	10.340	48%
Total (todo el Perú)			1.838	8.241	4.368	4.889	2.253	21.589	-

Fuente : Anuario Ejecutivo de Electricidad 2014, Ministerio de Energía y Minas

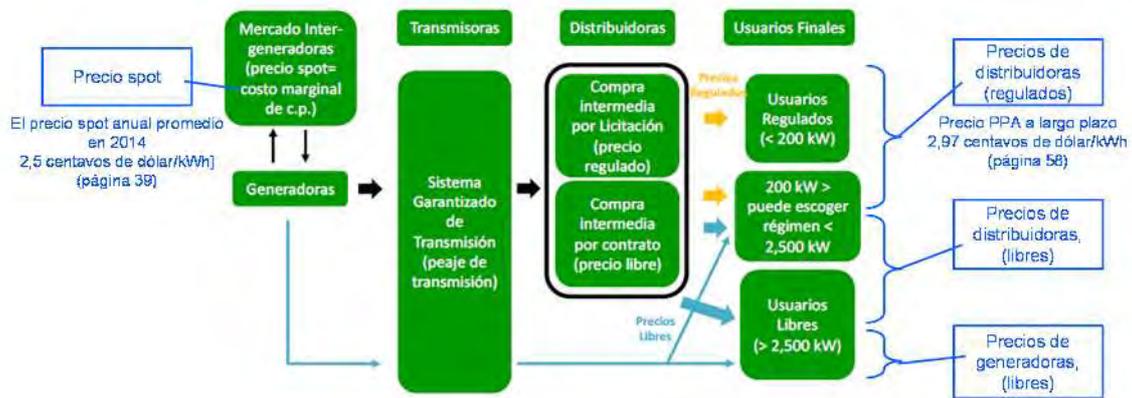
La Figura 10 muestra el mercado eléctrico. Los destinatarios de las ventas de los generadores de energía son los mercados intergeneradores (precio spot), usuarios finales regulados (precios regulados) y usuarios finales libres (precios libres).

El mercado de electricidad ajusta las cantidades de generación de electricidad entre generadores. Los generadores necesitan conseguir contrato con los distribuidores por largo plazo, contrato con los usuarios libres más de 2.500kW, o contrato con usuarios que pueden escoger el régimen de precios libres/regulados de 200kW a 2.500kW. COES-SINCA puede ordenar el suministro de electricidad a los generadores a pesar del contrato entre los generadores, los distribuidores y los usuarios.

COES-SINCA reúne a los generadores de electricidad desde los precios menores tomando en cuenta los precios de electricidad y la cantidad de generación de electricidad de cada central eléctrica.

El último precio de generación de electricidad, seleccionado por COES-SINAC, llega a ser el precio spot en el mercado de electricidad. Al final, el precio de generación determinado por COES-SINAC es el precio spot en el mercado de electricidad

El mercado de electricidad limita el ajuste entre generadores y no permite acuerdo entre distribuidores y usuarios.

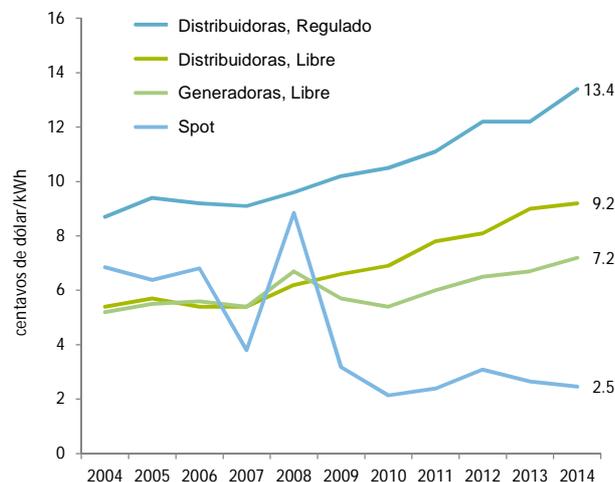


Fuente : Anuario Ejecutivo de Electricidad 2014, Ministerio de Energía y Minas

Figura 10 Actores en el mercado eléctrico y precio

Los precios de la electricidad en Perú tienen una tendencia a aumentar por el establecimiento de las centrales térmicas para responder a la demanda. La Figura 11 muestra la transición de precios de la electricidad.

El incremento de precios de distribuidores (libres) de más de 200kW y menos de 2.500kW es el más alto que otros (CAGR=6,1%, 2004-2014), y el de los distribuidores (regulado) es el segundo (CAGR=4.9%, 2004-2014) más alto. Sin embargo, en los últimos años, el precio spot está nivel bajo porque la capacidad disponible de suministro de electricidad es de 48%<sup>5</sup> en 2014 por el bajo precio de la energía hidroeléctrica y la generación de electricidad por gas natural.

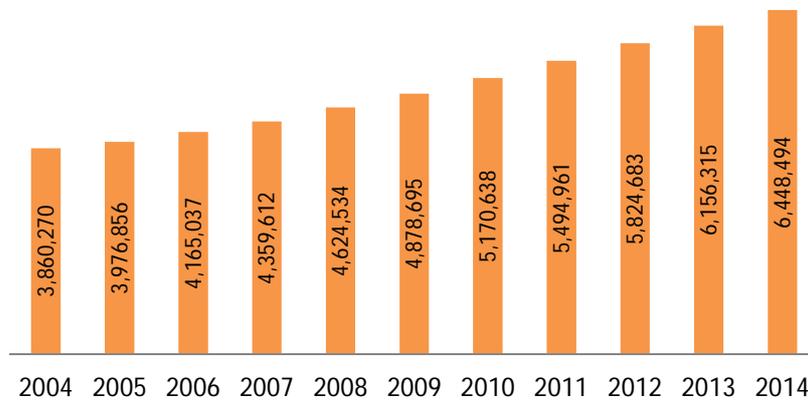


Fuente : Evoluciones en el Subsector Eléctrico, Parte 10, 2014, Ministerio de Energía y Minas

Figura 11 Precio medio de la energía eléctrica por sector eléctrico

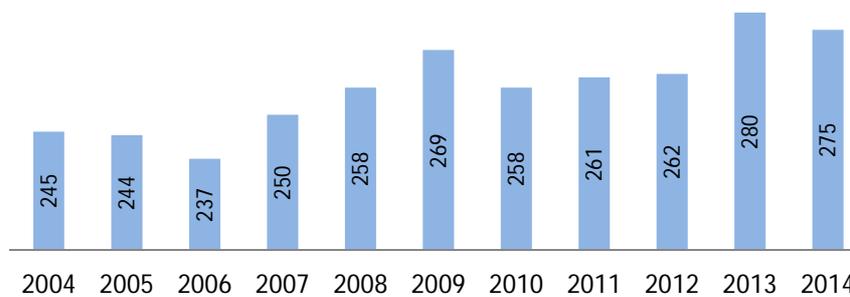
La Figura 12 y La Figura 13 muestran la transición de los usuarios regulados y usuarios libres. Es notable el incremento de usuarios finales regulados en hogares (demanda pequeña) e.

<sup>5</sup> Anuario Ejecutivo de Electricidad 2014, Ministerio de Energía y Minas



Fuente : Anuario Ejecutivo de Electricidad 2014, Ministerio de Energía y Minas

Figura 12 Usuarios regulados

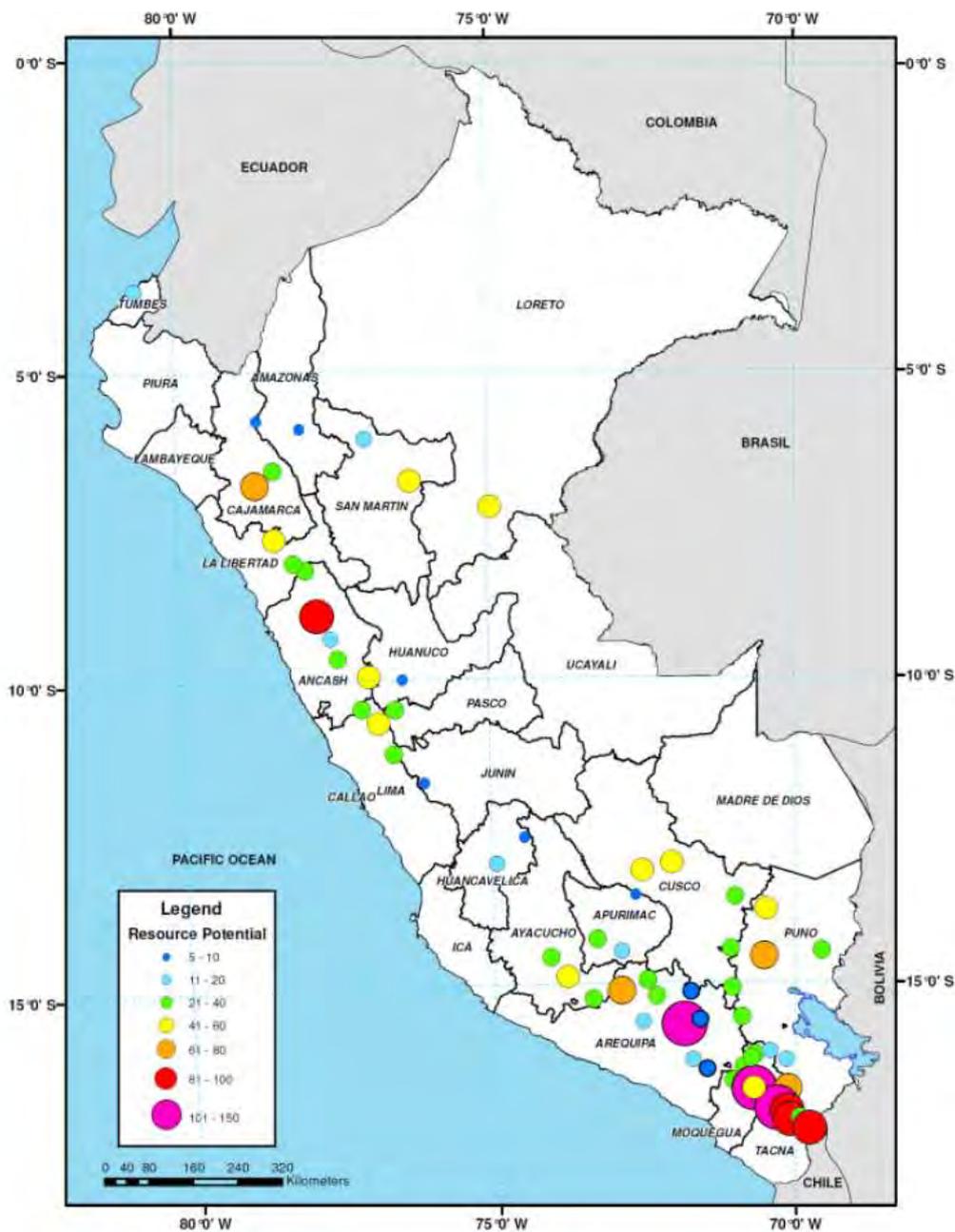


Fuente : Anuario Ejecutivo de Electricidad 2014, Ministerio de Energía y Minas

Figura 13 Usuarios libres

#### 6) Situación actual para el desarrollo geotérmico en el Perú

La Figura 14 muestra el mapa de potencial geotérmico en el Perú. El mapa no fue actualizado después del estudio de la JICA “Plan Maestro para el desarrollo de la energía geotérmica en el Perú”, y en mayo 2016 se utilizó también en el informe del Gobierno del Perú sobre el progreso del desarrollo geotérmico.



Fuente : Revisión de País sobre Geotermia para el Perú, 2010-2014, Congreso Mundial de Geotermia 2015, pp.19-25, Abril 2015

Figura 14 Mapa de Potencial Geotérmico en el Perú

A partir del año 2011 se ha otorgado derecho de exploración del desarrollo geotérmico a una desarrolladora privada y se han iniciado los estudios. La Ley de desarrollo geotérmico establece dos fases en la etapa de exploración. Después de la etapa de exploración, es necesario hacer el trámite de la etapa de explotación.

Según MEM, los documentos necesarios a presentar en la fase 1 y la solicitud de EIA necesaria en la transición de la fase 1 a la fase 2 se han establecido en la medida del avance del de desarrollo

geotérmico dentro de Perú. Por lo tanto, los procedimientos se manejaron flexiblemente ya que en la fecha de vencimiento del derecho de exploración no se incluye el periodo de exploración en suspenso por MEM en el periodo de derecho de exploración, etc. Aunque el periodo de concesión de derecho de exploración es de 5 años como máximo de acuerdo con la ley de desarrollo geotérmico, algunos proyectos han excedido de 5 años del periodo de la autoridad.

A octubre de 2016 había 18 áreas en exploración. Según MEM, está previsto que los proyectos de Quellaapacheta y Achumani pasen para la fase 2 de exploración.

Pero a octubre de 2016 todavía no existe ningún proyecto en fase de desarrollo (perforación y establecimiento de centrales geotérmicas).

Tabla 17 Áreas de exploración de energía geotérmica (Mayo 2016)

No.	Área de autorización	Región	Fecha de concesión de exploración	Propietario de la concesión
1	PINAYA I	Puno	5 de mayo, 2017	ECO ENERGY S.A.C.(Estados Unidos)
2	PINAYA II	Puno	5 de mayo, 2017	ECO ENERGY S.A.C. (Estados Unidos)
3	QUELLAAPAC HETA	Moquegua	pendiente *1	GEOTÉRMICA QUELLAAPACHETA PERÚ S. A. C. ( EDC • Filipinas )
4	GERONTA II	Puno	5 de mayo, 2017	ECO ENERGY S.A.C. ( Eco Energy • Estados Unidos )
5	UMACUSIRI I	Ayacucho	5 de mayo, 2017	ECO ENERGY S.A.C. ( Eco Energy • Estados Unidos )
6	UMACUSIRI II	Ayacucho	pendiente *2	ECO ENERGY S.A.C. ( Eco Energy • Estados Unidos )
7	GERONTA I	Ayacucho	5 de mayo, 2017	ECO ENERGY S.A.C. ( Eco Energy • Estados Unidos )
8	PINAYA III	Puno	5 de mayo, 2017	ECO ENERGY S.A.C. ( Eco Energy • Estados Unidos )
9	TUTUPACA NORTE	Tacna, Moquegua	29 de agosto, 2016 (renunció)	MAGMA ENERGÍA GEOTÉRMICA PERÚ S.A. ( Alterra Power Corp • Canada )
10	ACHUMANI	Arequipa	pendiente *1	EDC ENERGÍA VERDE PERÚ S.A. ( EDC • Filipinas )
11	PINAYA IV	Puno	pendiente *2	ECO ENERGY S.A.C. ( Eco Energy • Estados Unidos )
12	PINAYA V	Puno	pendiente *2	ECO ENERGY S.A.C. ( Eco Energy • Estados Unidos )
13	PINAYA VI	Puno	pendiente *2	ECO ENERGY S.A.C. ( Eco Energy • Estados Unidos )
14	TAMBOCHACA	Pasco	pendiente *2	EMX GEOTHERMAL PERU S.A.C ( Eurasian Minerals • Canada )
15	PUMAHUIRI	Ayacucho	pendiente *2	EMX GEOTHERMAL PERU S.A.C ( Eurasian Minerals • Canada )
16	SENGATA	Ayacucho	pendiente *2	EMX GEOTHERMAL PERÚ S.A.C ( Eurasian Minerals • Canada )
17	COROPUNA	Arequipa	pendiente *2	EMX GEOTHERMAL PERÚ S.A.C ( Eurasian Minerals • Canada )
18	PINCHOLLO LIBRE	Arequipa	20 de marzo, 2017	MAGMA ENERGÍA GEOTÉRMICA PERÚ S.A. ( Alterra Power Corp • Canada )

\*1: La aprobación de los documentos requeridos en la fase II está pendiente

\*2: La aprobación de los documentos requeridos en la fase I está pendiente

Fuente : Elaborado por JICA en base a estudios y entrevistas en el Perú

## 7) Conexión a la red de Perú (SEIN)

SEIN es una red eléctrica que se extiende a lo largo del océano pacífico del norte al sur, considerando la topografía y ubicación de ciudades en el Perú. La Figura 15 muestra el sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN), incluyendo las plantas eléctricas principales.



Fuente : COES-SINAC HP

Figura 15 Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN)

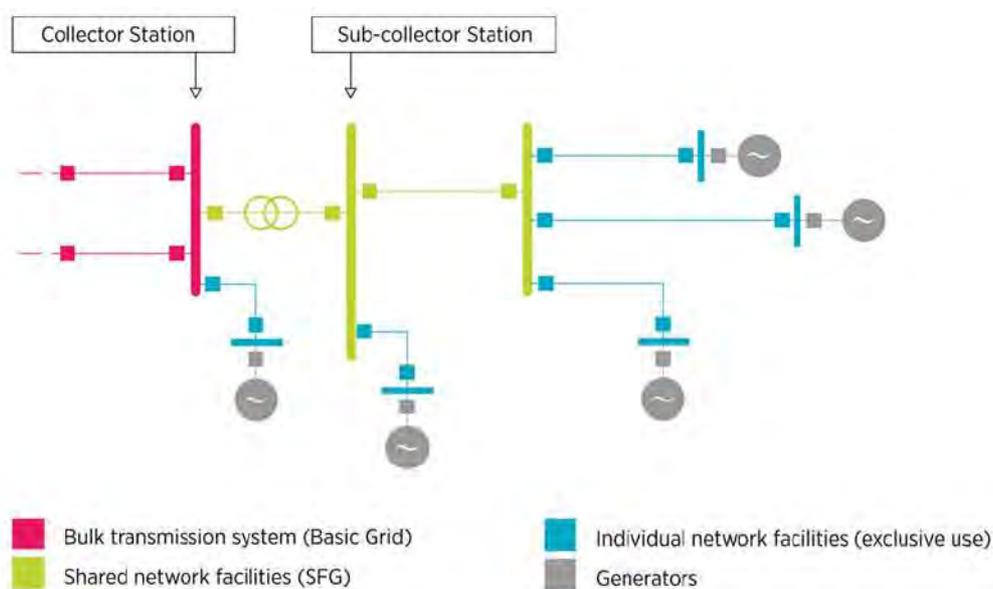
Para suministro de electricidad a través de la conexión SEIN, es necesario para los generadores construir líneas de transmisión privada hasta llegar a la línea de SEIN.

Las instalaciones individuales de la red (uso exclusivo), indicadas en color azul en la Figura 16, muestran el rango de construcción de la línea de transmisión privada que los generadores tienen que construir.

COES-SINAC planea y prepara el diseño maestro para el Sistema de transmisión a granel (Red básica) y Funciones de red compartidas (SFC). Las empresas privadas que consiguen la concesión llevan a cabo la construcción, operación y mantenimiento sobre estas subestaciones y líneas de transmisión.

COES-SINAC como una institución neutral planea construir la línea de transmisión por el costo mínimo que pueda manejar la demanda y suministro por tres años sin input de proyectos privados de generación de electricidad.

Los proyectos proactivos con COES son importantes para construir económicamente centrales térmicas de acuerdo al plan de construcción de redes. Pero COES-SINAC, como una institución neutral, no involucra a los proyectos. Por lo tanto, es importante obtener periódicamente la información sobre los planes de construcción de líneas de transmisión.



Fuente : PERU RENEWABLES READINESS ASSESSMENT 2014, IRENA

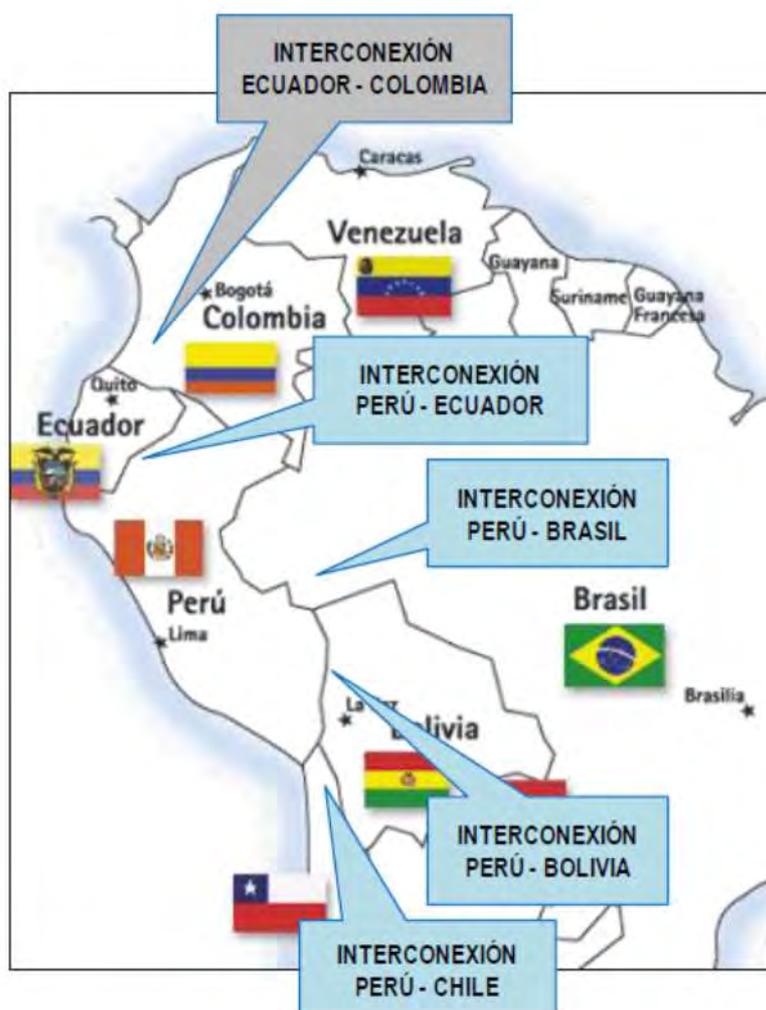
Figura 16 Rango de construcción de líneas privadas

## 8) Plan de Transmisión Internacional en Perú

Perú planea realizar la transmisión internacional con los países vecinos para el intercambio de electricidad, estabilización del suministro de electricidad y desarrollo económico. Según COES-SINAC, el estudio de factibilidad de interconexión se ha realizado con el apoyo de los Estados Unidos a partir del año 2024.

En el plan, se interconectará con Ecuador y Brasil por transmisión de 500kV de corriente alterna.

La frecuencia en Perú es igual que con los otros países. Interconexión con Colombia e hace a través de Ecuador, la que no es una interconexión directa con Colombia. El Perú planea construir unas estaciones conversoras de frecuencia en Perú, extendiendo la línea de transmisión de 500kV de corriente alterna ya que la frecuencia de Bolivia y Chile son de 50Hz. Como es suficiente la capacidad disponible de suministrar electricidad en Perú, hay posibilidad de promover la exportación de electricidad a Chile donde es alto el precio de la misma.



Fuente : Informe COES/DP-01-2014 “Propuesta Definitiva de Actualización del Plan de Transmisión 2015 - 2024”

Figura 17 Plan de Transmisión Internacional en Perú

(3) Organizaciones para la promoción y regulación

1) Organizaciones principales en el sector eléctrico

MEM y Proinversión funcionan como promotores, y OSINERGMIN y MINAM funcionan como reguladores. La Tabla 18 muestra las organizaciones principales y sus funciones en el sector eléctrico.

Tabla 18 Organizaciones principales y sus funciones en el sector eléctrico

Organizaciones	Función
Ministerio de Energía y Minas, MEM	Dirige la planeación de la política de electricidad, legislación y permisos de transmisión y distribución. MEM está dividido en departamentos de energía y minas. Bajo el departamento de energía se encuentra la Dirección General de Electricidad (DGE), la Dirección General de Hidrocarburos, la Dirección General de Electrificación Rural, la Dirección General de Eficiencia energética y la Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos (DGAAE).
Ministro de Economía y Finanzas, MEF	MEF maneja las políticas de promoción de inversiones para el sector eléctrico y se encarga de los asuntos de deuda pública. MEF evalúa los proyectos públicos que el gobierno peruano implementa. Los proyectos del sector eléctrico por préstamos de la ODA del Japón necesitan la evaluación y aprobación de la Dirección General de Endeudamiento y Tesoro Público (DGETP) de MEF.
Proinversión	Promotor de inversiones privadas en el sector eléctrico.
Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN	Con el fin de mantener el cumplimiento de las leyes y las normas técnicas para cada empresa de energía eléctrica, petróleo y gas, se estableció este órgano regulador en 1997. Después de eso, asumió las funciones de la comisión de tarifas eléctricas (CTE: Comisión de Tarifas Eléctricas), y fundó un departamento encargado de regular las tarifas (GART, Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria). Así mismo, cumple la función de subastar los precios de generación de energía renovable.
Ministerio del Ambiente (MINAM)	Se estableció en mayo de 2008. Esta institución es responsable de las políticas y la legislación sobre medio ambiente en general. (La aplicación de políticas ambientales relacionadas con la energía está a cargo del DGAAE del MEM).
Autoridad Nacional del Agua, ANA	Se estableció en marzo de 2008. Es el órgano regulador que se ocupa de llevar a cabo la gestión y normas técnicas de desarrollo de los recursos hídricos
Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, INDECOPI	Se encarga de la supervisión para garantizar una competencia justa, la protección de los consumidores y de los derechos de propiedad intelectual.
Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, COES-SINAC )	Es una organización privada que se ocupa del funcionamiento del sistema económico del SEIN y la red eléctrica de Perú. Planifica la construcción de una red estable y competitiva del SEIN. También es responsable del proceso de diseño y construcción.

Fuente : Preparado por el equipo de la JICA en base del estudio en el Perú

## 2) Organizaciones principales en el desarrollo geotérmico

INGEMMET de MEM como una institución para promover el desarrollo geotérmico apoya la tecnológica. SERNANP de MINAM, SENACE y DGAAE de MEM se encargan del Estudio Impacto Ambiental (EIA) para el desarrollo geotérmico. La Tabla 19 muestra las funciones de cada organización.

Tabla 19 Organizaciones principales y sus funciones en el desarrollo geotérmico

Organizaciones	Función
Ministerio de Energía y Minas, MEM	MEM establece políticas y reglamentos de desarrollo geotérmico. Tiene cargo de las implementaciones de ofertas de concesiones, consultoría, evaluaciones y aprobaciones. Y también administra concesiones del desarrollo geotérmico en la Dirección General de Electricidad (DGE) e implementa EIA en la Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos (DGAAE).
Ministerio de Economía y Finanzas, MEF	Los proyectos de desarrollo geotérmico por préstamos de la ODA del Japón necesitan la evaluación y aprobación de la Dirección General de Endeudamiento y Tesoro Público (DGETP) de MEF.
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos	Es un instituto de investigación nacional que tiene la jurisdicción de geología del Ministerio de Energía y Minas, la exploración de los recursos del subsuelo y su evaluación. El Gobierno peruano está solicitando a JICA un proyecto de cooperación tecnológica para capacitar a INGEMMET sobre la evaluación de los recursos geotérmicos.
Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SERNANP	Es una organización con autoridad para otorgar permisos para la creación de desarrollos en reservas naturales. Da una opinión técnica en el EIA. No participa en los procedimientos de EIA en el negocio de la energía.
Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles, SENACE	El organismo público especializado establecido en 2012 como parte del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, se encuentra adscrito al Ministerio del Ambiente (MINAM) y entre sus funciones se encuentra la revisión de los Estudios de Impacto Ambiental detallados (EIA-d). Constituyen una parte de la SEIA como organismo profesional especializado, y lleva a cabo una revisión del EIA (EIA-d) por parte de la misma institución.
Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos, DGAAE	Responsable de la exanimación y la aprobación de EIA en el negocio de la energía. En cuanto a los EIA relacionados con el negocio de la electricidad generada por energía geotérmica, presenta a SERNANP un dictamen sobre las cuestiones técnicas en el EIA, y aprueba el EIA en base al dictamen del SERNANP.

Fuente : Preparado por el equipo de la JICA en base del estudio en el Perú

#### (4) Procedimientos

##### 1) Autoridades definidas por las leyes de electricidad y recursos geotérmicos

Se necesita obtener la concesión para la construcción y operación de las instalaciones de generación de electricidad. En los sectores de generación, transmisión y distribución de electricidad, se define la concesión temporal y la concesión permanente. La concesión temporal es otorgar autoridad de efectuar la factibilidad por 2 años, siendo posible extender una vez por un año. Los poseedores de la concesión temporal tienen la prioridad de conseguir la concesión de desarrollo para la siguiente fase.

Para la construcción de planta de generación geotérmica de electricidad, las fases de factibilidad y desarrollo no están de acuerdo con la ley de proyectos de electricidad, y es necesario ejercer el derecho definido de acuerdo con la ley de recursos geotérmicos. No se necesita autoridad ni permiso para la investigación como estudio de la superficie terrestre. Para la exploración de perforación de pozo, se obtiene la concesión de exploración. En la fase de desarrollo de la planta de generación de electricidad geotérmica, se necesita obtener la concesión de desarrollo. En la fase de operación comercial, los desarrolladores no están de acuerdo con la ley de recursos geotérmicos, por lo que se requiere obtener la concesión para la operación de la planta por la ley de proyectos de electricidad.

		Fase del estudio de viabilidad	Fase de desarrollo y construcción	Fase de operación comercial	
Generación	No RER (más de 750 MW)	Concesión temporal	Concesión permanente	Autorizaciones (Objetivo de más de 500 kW)	
	RER (más de 500 kW)	Geotérmica	Autorización por la ley de recursos geotérmicos	Concesión por la ley de recursos geotérmicos	Concesión permanente
		A excepción de la geotérmica	Concesión temporal	Concesión permanente	
Transmisión		Concesión temporal	Concesión permanente		
Distribución (demanda de 500 kW o más)		Concesión temporal	Concesión permanente		

: Ley № 29970 Concesión de recursos geotérmicos  
 : Ley de concesiones eléctricas

Fuente: Plan Maestro para el Desarrollo de la Energía Geotérmica en el Perú en 2012, JICA

Figura 18 Autorización necesaria para el desarrollo geotérmico

## 2) Concesión de desarrollo geotérmico

La Tabla 20 muestra el derecho, período y costos necesarios en cada fase de exploración y desarrollo geotérmico. Cuando los adjudicatarios de concesiones de exploración después de finalizada la exploración, desean obtener seguidamente otra concesión de desarrollo geotérmico, tienen prioridad para obtenerla hasta en 2 años a partir del vencimiento del período de derecho de exploración. Los costos generados durante la concesión de exploración aumentan en cada período de exploración.

Según MEM, los costos de concesión de desarrollo son provisorios por no haber ningún proyecto existente y se reconsiderarán detalladamente los costos cuando surja algún proyecto que pase a la fase de desarrollo. Los costos durante la exploración se manejan flexiblemente porque EIA requerido en la transición de la fase 1 a la fase 2 no está definido detalladamente.

Tabla 20 Concesión de desarrollo geotérmico

Fase de desarrollo	Actividades	Derecho necesario para el desarrollo geotérmico	Período	Costos
Estudio de reconocimiento	Mediante estudios geológicos y geoquímicos se investiga si existen recursos geotérmicos en el área.	No necesaria	Ninguno	Ninguno
Explotación -Fase 1: estudio preliminar que no incluye perforación de pozos de más de 1.000 metros. -Fase 2: perforación de pozos para exploración.	Actividades para determinar el tamaño de los recursos geotérmicos, su ubicación, características y magnitud..	Autoridad para el estudio	Un total de tres años Fase 1: 2 años Fase 2: 1 año (Sólo por una vez es posible solicitar una ampliación por dos años en la fase 2.)	Costos de periodo de exploración Año 1: 0,001 UIT por ha (= 1,146 USD/ha) Año 2: 0,002 UIT por ha (= 2,292 USD/ha) Año 3: 0,003 UIT por ha (= 3,438 USD/ha) Año 4: 0,004 UIT por ha (= 4,584 USD/ha) Año 5: 0,005 UIT por ha (= 5,730 USD/ha) En caso de pasar de la fase 1 a la fase 2, se paga 5 % del presupuesto de fase 2 a la DGE. (Depósito a la cuenta especial de MEM))
Desarrollo (Explotación: incluye la construcción de plantas generadoras de energía.	Actividades para explorar energía geotérmica en forma de vapor, calor y líquido para usos comerciales.	Concesión de desarrollo Cuando el concesionario de exploración obtiene la concesión de desarrollo, hasta 2 años después del vencimiento del derecho de exploración, se le concede el derecho de prioridad de obtener la concesión de desarrollo. Si después de eso realiza la actividad de generación de electricidad, es posible la renovación automática de la concesión de desarrollo de recursos geotérmicos hasta la cantidad de años de la concesión de la actividad de generación de electricidad.	30 años, (Renovable cada 10 años, 6 meses antes de la fecha de vencimiento)	MEM determina los impuestos (hasta el 30 de noviembre) dentro del límite no superior al 1% de ganancia. Después del inicio de la operación de la planta eléctrica, se prevé estudiar el pago de gastos dentro del límite del 1% de las ventas de energía eléctrica.

Fuente: Plan Maestro para el Desarrollo de la Energía Geotérmica en el Perú Año2012, JICA

Assessment of the Regulatory, Institutional and Economic Framework for Geothermal Development (Peru) 2014

### 3) EIA

Se requiere un EIA para la fase de exploración y un EIA para la fase de desarrollo para el desarrollo geotérmico. La Tabla 21 muestra el requerimiento de EIA para el desarrollo geotérmico. Se requiere un EIA de exploración (fase 1) antes de la perforación de pozo de una profundidad inferior a 1,000 metros. Después se requiere un EIA de desarrollo (fase 2) antes de construir una planta.

La Tabla 22 muestra EIA para construir plantas de electricidad. Se requiere un EIA para la construcción de plantas con una capacidad de generación eléctrica superior a 500kW. El EIA para el desarrollo geotérmico (fase 2) corresponde a este EIA.

Tabla 21 Requerimiento de EIA para el desarrollo geotérmico

EIA	Asuntos requisitos
Transferencia desde fase 1 a fase 2  Fase 1: estudio preliminar con perforación de pozos de menos de 1.000 metros. Fase 2: perforación de exploración de por lo menos tres pozos.	EIA para perforación de pozo
Antes del desarrollo	EIA para planta eléctrica

Fuente : Preparado por el equipo de la JICA en base del estudio en el Perú

Tabla 22 EIA para construir plantas de electricidad

Proyectos		Requerimiento		
		Concesión	Permiso	EIA
RER	Más de 500kW	Requerido	No requerido	Requerido
Energía térmica	Más de 500kW	No requerido	Requerido	Requerido

Fuente : Plan Maestro para el Desarrollo de la Energía Geotérmica en el Perú en 2012, JICA

La Tabla 23 muestra tres categorías de EIA definido en el Decreto Supremo No. 019-2009-MINAM.

Para EIA de desarrollo geotérmico, MINAM categoriza en base de prioridades como 1.) Capacidad de generación de electricidad y 2.) Impacto al medio ambiente. Según DAGGE de MEM, la capacidad de generación de electricidad más de 20 MW se categoriza a Categoría III. DAGGE de MEM aprueba EIA de Categoría I y Categoría II sobre proyectos de generación de electricidad y SENACE aprueba EIA de Categoría III. Desde el año 2018, SENACE aprobará Categoría II también por modificación de la regulación. Se espera acortar plazo de aprobación centralizando a MINAM.

Tabla 23 Categorías de EIA

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Categoría I – Declaración de Impacto Ambiental (DIA): estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión de los cuales se prevé la generación de impactos ambientales negativos leves.</li> <li>• Categoría II – Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd): estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión de los cuales se prevé la generación de impactos ambientales negativos moderados.</li> <li>• Categoría III – Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d): estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión de los cuales se prevé la generación de impactos ambientales negativos significativos.</li> </ul>
---

Fuente : SITUACIÓN DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL PERÚ, 2014

Se diferencia la aprobación de EIA de los proyectos de generación de electricidad según categoría. SERNANP comenta que EIA depende del área de desarrollo y no se puede obtener la aprobación sin tomar medidas a los comentarios de SERNANP. La Tabla 24 muestra las relaciones entre clasificación, restricción de actividades y organización que aprueba EIA.

Según SERNANP, es muy difícil desarrollar plantas en áreas protegidas aunque esto no es igual en el sistema del Perú. Operacionalmente, se tarda más o menos 1 año para la aprobación de EIA aunque se define 150 días para lograr la aprobación de la regulación.

Tabla 24 EIA para el desarrollo geotérmico

Clasificación		Restricción de actividades	Permiso de EIA
Las áreas protegidas	Uso indirecto de áreas protegidas (parque nacional santuario nacional, santuario histórico)	Las actividades distintas a la investigación científica no están permitidas.	-
	Uso directo de áreas protegidas (reservas nacionales, refugio de vida silvestre, bosque de protección, coto de caza, reservas comunales, reservas paisajísticas, zona reservadas)	Las actividades de desarrollo están permitidas	SERNANP (DEA aprueba el permiso de SERNANP)
Son aprobadas con la autorización otorgada por el organismo a su cargo, de acuerdo con el mencionado Plan maestro.		Las actividades de desarrollo están permitidas	SERNANP (DGAAE aprueba con base en la opinión del SERNANP)
Afuera de las ANP (Áreas Nacionales Protegidas)		No hay restricción para las actividades de desarrollo	DGAAE

Fuente : Plan Maestro para el Desarrollo de la Energía Geotérmica en el Perú en 2012, JICA

#### (5) Subasta de RER

MEM organiza la subasta de RER cada dos años de acuerdo con el decreto legislativo N° 1002, “Ley de Promoción de la Inversión en Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables (2008)”, decretado en mayo de 2008. La Tabla 25 muestra el esquema de subasta de RER.

Tabla 25 Subasta de RER

Asuntos de la subasta	Especificaciones
Frecuencia de la subasta	Cada 2 años (MEM la lleva a cabo estableciendo la cantidad de generación de electricidad requerida)
Determinación de la cantidad requerida de RER	MEM lo decide conforme a las políticas
Asignación de la cantidad requerida de cada tipo de RER	MEM lo decide conforme a las políticas
Organización de la implementación	OSINERGMIN lleva a cabo la subasta
Documentos para la subasta	Disponibles gratuitamente en la página web de OSINERGMIN (sin embargo, en papel tienen un costo de 5.000 USD)
Periodo del contrato de venta de energía (PPA)	Hasta 20 años
Informaciones que presentan los participantes de las subastas	Precio base [USD/MWh] Cantidad anual de generación de electricidad [MWh], Capacidad de generación de electricidad [MW]
Requisitos técnicos	Presentar especificaciones del equipo, el resultado de del estudio sobre la cantidad de RER realizado por más de un año antes de la implementación.
Costo de participación en la subasta y garantía de ejecución (depósito)	50.000 [USD]
Retraso de la ejecución del proyecto	20% de aumento del depósito en caso de retraso de cada 6 meses desde la fecha de operación comercial, y decomiso del valor aumentado

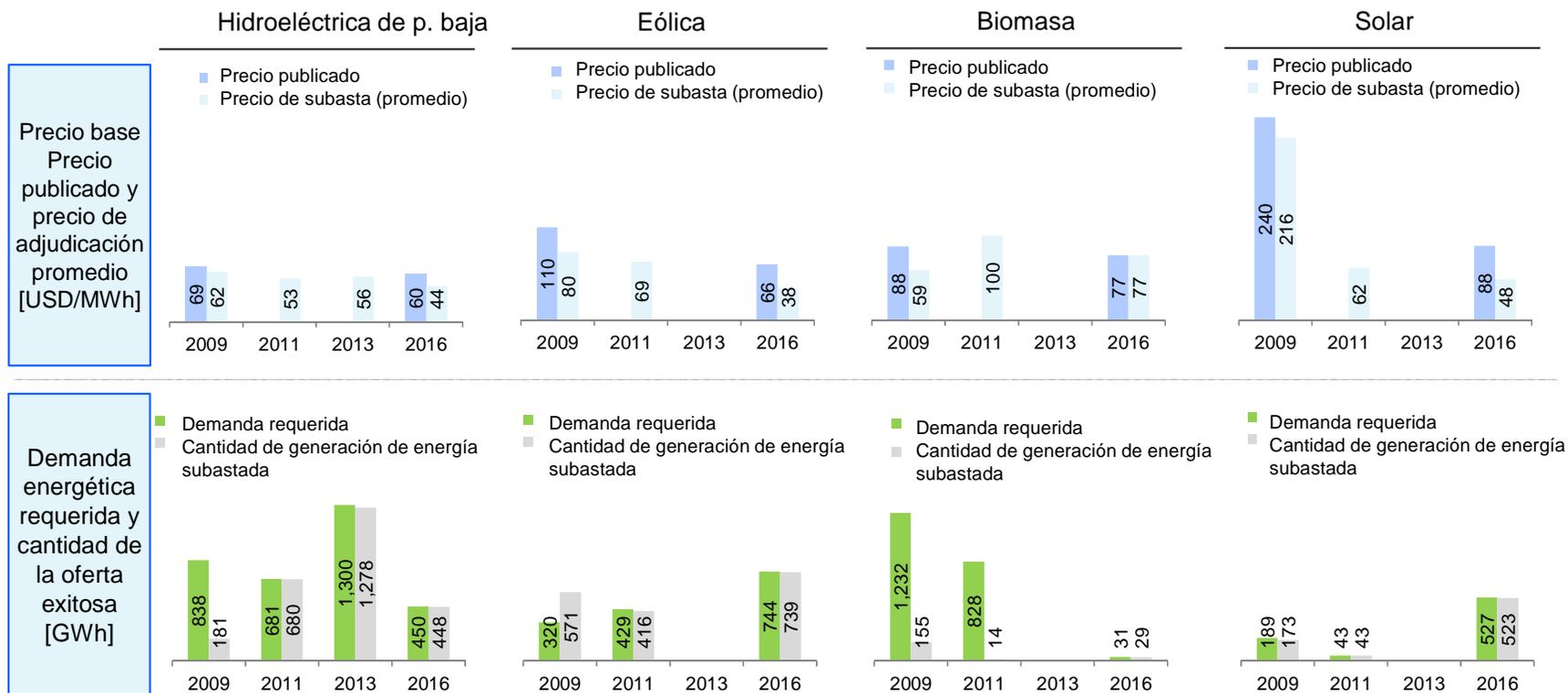
Fuente : “ Mercado de Electricidad Peruano y la promoción de energías renovables, Osinergmin” y “Evaluación de Preparación Renovables del Perú 2014, IRENA”

#### 1) Resultados de la subasta de RER

En las cuatro subastas de RER efectuadas hasta ahora, aunque los precios bases<sup>6</sup> de la generación de electricidad por energía solar eran muy altos, en los últimos años han estado en el mismo nivel que otras energías renovables.

Así mismo, aunque al principio, era alta la demanda de energía hidroeléctrica de presión baja y de biomasa, en los últimos años ha aumentado la demanda de energía eólica y solar. La Figura 19 muestra resultados de la subasta de RER.

<sup>6</sup> Los precios bases son el límite de precio bajo de venta que los generadores de electricidad de RER ofrecen.



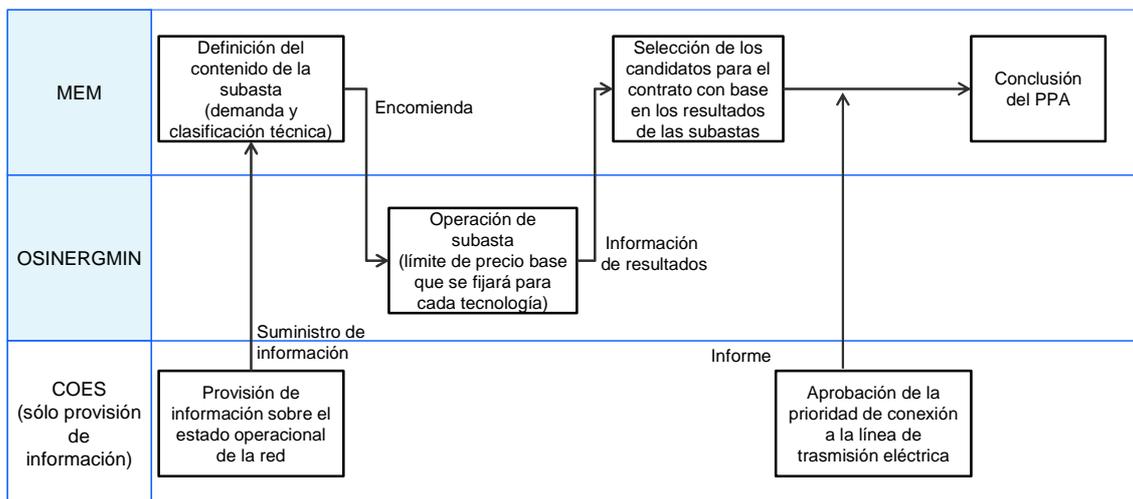
Fuente : Elaborado por JICA en base de la página web de OSINERGMIN (<http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/EnergiasRenovables.html>)

Figura 19 Resultados de las subastas de RER

## 2) Proceso de subasta

La demanda de subasta para RER es definida en cada generación eléctrica.

OSINERGMIN maneja la subasta. Los adjudicatarios de la subasta contratan mediante PPA con MEM. MEM toma decisiones si se incluye energía geotérmica en la subasta o no, así como el departamento y la persona encargada de la verificación a partir de la audiencia.



Fuente : Preparado por el equipo de la JICA en base del estudio en el Perú

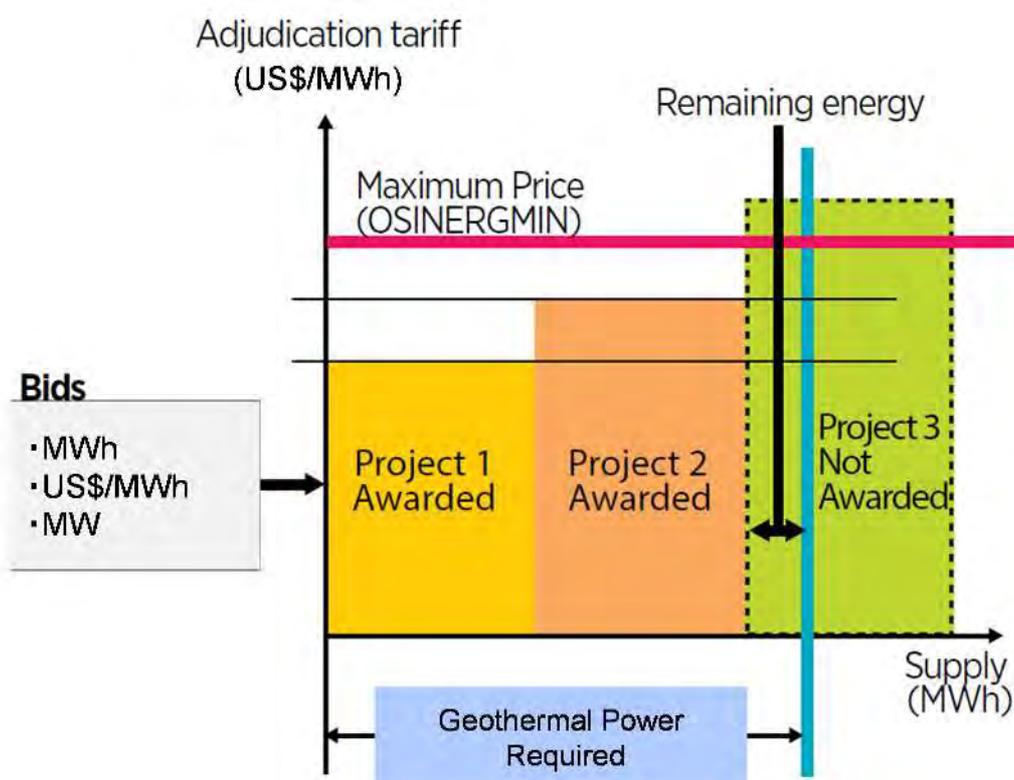
Figura 20 Proceso de la subasta

La Figura 21 muestra los pasos de la selección en la subasta. Al inicio, los proyectos presentan un precio base (USD/MWh), la cantidad de generación eléctrica anual (MWh/año) y la capacidad de generación. Previamente, OSINERGMIN determina el límite del precio base (como precio máximo), y las ofertas ganadoras son aquellas que, en orden de presentación, ofrecieron un precio menor al precio base. La selección de adjudicatarios es lo siguiente.

Se publica el límite de precio base para cada tipo de generación de energía en el anuncio público de la oferta (algunos pueden no ser publicados considerando la cantidad de subasta anterior y la transición de precio de mercado de tipo de tecnología. Por ejemplo, cuando OSINERGMIN determina que se puede asegurar la cantidad necesaria para subasta o precio competitivo).

1. Se publica el límite de precio base para cada tipo de generación de energía en el anuncio público de la oferta (algunos pueden no ser publicados considerando la cantidad de subasta anterior y la transición de precio de mercado de tipo de tecnología. Por ejemplo, cuando OSINERGMIN determina que se puede asegurar la cantidad necesaria para subasta o precio competitivo.).
2. Ordenados del valor mínimo al valor máximo de cada precio base deseado para el proyecto de generación eléctrica en la apertura de la licitación, las empresas que exceden el límite superior del precio base no logran la adjudicación.
3. OSINERGMIN evalúa si la cantidad de generación de energía eléctrica no excede la

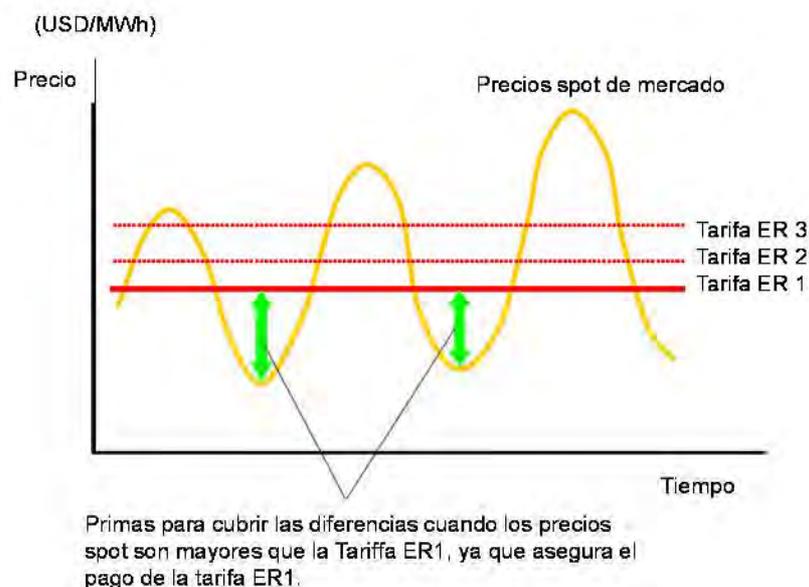
- capacidad de transmisión y transformación de las instalaciones, y determina si el proyecto puede adoptarse.
4. El proyecto que logra la adjudicación es aquel que, en orden de presentación, ofrece el precio más bajo y no excede la cantidad determinada.
  5. Si el proyecto presenta un precio mayor al deseado pero dicho precio es menor al límite superior del precio base, se determina si es posible ajustar la cantidad del suministro, y también logra la adjudicación.
  6. Los proyectos exitosos negocian el PPA con el MEM.



Fuente : PERU RENEWABLES READINESS ASSESSMENT 2014, IRENA

Figura 21 Pasos de la selección en la subasta

Los proyectos de generación de energía eléctrica mediante RER que lograron la adjudicación reciben instrucciones para la generación eléctrica desde el COES. Los productores contratan PPA con MEM con el precio base como mínimo. La Figura 22 muestra el concepto de premio de precio base. Los productores de energía RER pueden recibir una prima si hay una diferencia entre el costo marginal en el precio de la oferta y el mercado spot real. La prima es calculada y enviada cada año por OSINERGMIN. La misma es incluida en las tarifas de electricidad pagadas por los usuarios. Si los productores de energía RER son incapaces de suministrar la cantidad de energía presentada en la subasta anual (MWh), la cantidad obtenida al restar el costo de la cantidad de la multa de la prima se pagará mensualmente a las empresas.



Fuente: Plan Maestro para el Desarrollo de la Energía Geotérmica en el Perú en 2012, JICA

Figura 22 Premio de precio base

### 3) Precio base de generación de electricidad geotérmica del gobierno de Perú

No se ha publicado el precio base máximo de la generación de electricidad geotérmica porque hasta ahora las subastas de RER no han incluido la generación de electricidad geotérmica. Según entrevistas con MEM y OSINERGMIN, se tomará la decisión de incluir o no la generación de electricidad geotérmica en la subasta, observando el progreso del desarrollo geotérmico en Perú para la subasta de generación de electricidad de RER prevista para el año 2018.

Sobre el precio base máximo de generación de electricidad geotérmica, MEM lo calcula dando un margen a partir del cálculo del costo de construcción de la planta, etc. dentro del país, y el precio de FIT de electricidad geotérmica de otros países. Sobre si los precios establecidos son adecuados, MEM, en reuniones internacionales, está probando recibir opiniones de expertos y funcionarios de gobiernos de otros países de si la estimación del precio es alta comparado con la tecnología y tendencia internacional, o si la estimación es adecuada para promover el desarrollo geotérmico<sup>7</sup>. MEM planea asegurar empresas desarrolladoras de energía geotérmica que continúen la exploración en el Perú y también aumentar futuramente las empresas desarrolladoras de energía geotérmica para la fase de desarrollo. Por ello, se estipula que es importante que los desarrolladores presenten a MEM el precio base máximo para continuar proyectos de electricidad geotérmica y asegurar su comercialización, y que es posible que MEM lo tenga en cuenta.

Sobre el plazo de contrato de venta en la subasta de generación de electricidad de RER, Osinergmin mencionó que será posible realizar subasta de generación de electricidad geotérmica

<sup>7</sup> Por ejemplo, en la reunión Global Geothermal Alliance Stakeholders Meeting organizado por IRENA en Nairobi en junio 2015, MEM informó el cálculo estimativo del precio base máximo de generación de electricidad geotérmica, en un margen de 8-9 Cent US\$/kWh.<sup>8</sup> El tiempo total dedicado a la prospección de tierra y perforación de pozos es de aproximadamente 8 años.

por un plazo de 30 años aunque el plazo de subasta en el caso de generación energía de biomasa, hidroeléctrica, eólica y solar es de máximo 20 años.

#### 4) Precios de venta de distribución (Regulado)

Excepto la subasta de generación de RER, se publica el resultado de la subasta de precio de distribución (regulado) que los distribuidores suministran electricidad a usuarios de menos de 200kW como los hogares y tiendas.

La Tabla 26 muestra los precios adjudicados a Edelnor y Luz del Sur como distribuidores en Lima que fueron de 2,97 (centavos de dólar/kWh) en marzo de 2015.

El precio de electricidad para los usuarios suma este precio y la tarifa de uso de la línea transmisión

Tabla 26 Precios de venta del departamento de regulación

Proyectos	Hora pico [c. de dólar/kWh] (18:00-23:00)	Hora no pico [c. de dólar/kWh] (23:00-18:00)	Edelnor [MWh]	Luz del Sur [MWh]	Tarifa [c. de dólar/kWh]
HIDROELECTRICA MARANON1	3,26	3,26	9,333	2,333	3,257
CELEPSA1	2,77	2,77	3,333	0,833	2,770
SAN GABAN1	2,78	2,78	3,333	0,833	2,778
ELECTROPERU1	2,94	2,78	66,667	16,667	2,814
EDEGEL1	2,97	2,78	46,667	11,667	2,823
EEPSA1	3,00	2,83	13,333	3,333	2,865
SDF ENERGIA1	3,28	2,84	3,333	0,833	2,935
CERRO EL AGUILA1	3,51	3,50	54,000	13,500	3,504
Total			200	50	2,97

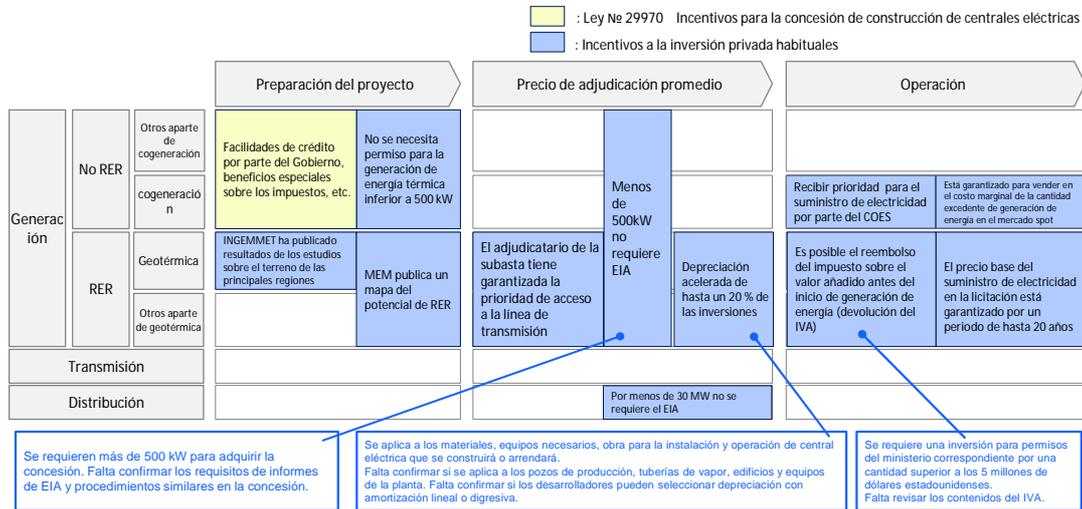
Fuente : OSINERGMIN HP

#### (6) Sistema de incentivos a la inversión privada

La Figura 23 muestra el Sistema de incentivos a la inversión privada en el sector eléctrico del Perú. Como la generación de electricidad de RER es una energía eléctrica que contribuye al mejoramiento de seguridad de energía en Perú, según la ley No. 29970 que regula el mejoramiento de seguridad de energía, se conceden incentivos a la inversión. Específicamente, sobre la depreciación del costo de construcción de la planta energética, se hace una depreciación acelerada a las obras de ingeniería civil, equipamientos de operación, instalación de planta energética de hasta el 20% del monto de inversión de construcción / arrendamiento. También, es posible reembolsar el impuesto del valor añadido (IVA) para equipamiento adquirido por dos años antes de la operación de la planta. Los materiales y equipos reembolsables de IVA necesitan permiso de inversión y una inversión superior a 5 millones de USD, y todos los materiales y equipos necesarios adquiridos son reembolsables. Además, según sea necesario, también se otorgan otros incentivos a proyectos de forma particular de acuerdo con las especificaciones de la subasta.

El mejor incentivo de inversión para empresas de generación de electricidad de RER es la subasta de generación de electricidad de RER. Las empresas de generación eléctrica al ganar en la subasta

con precio base, pueden establecer contrato con MEM por 20 años de venta de electricidad y obtener el orden prioritario de generación de electricidad de COES-SINAC. Por lo tanto, ellos pueden vender toda la cantidad electricidad generada en el mercado de electricidad.



Fuente : Elaborado por JICA en base del estudio en el Perú

Figura 23 Sistema de incentivos a la inversión privada en el sector eléctrico

#### 4. Verificación y análisis de sistemas de promoción del desarrollo de generación de energía geotérmica en países extranjeros

El desarrollo de plantas de energía geotérmica implica riesgo de exploración, y la mitigación de este riesgo es esencial para impulsar el proyecto hacia adelante. En este capítulo se exponen ejemplos de costos compartidos en la fase temprana del proyecto de la planta de energía geotérmica y las políticas asociadas con la inversión en la fase inicial de desarrollo de la planta de energía geotérmica. Además, la importancia de la participación del gobierno en las primeras fases del desarrollo de la energía geotérmica se hizo evidente a través de la investigación de terceros países de los proyectos de energía geotérmica de Chile.

##### (1) Esquema de costo y riesgo compartido en la fase inicial del desarrollo de las centrales geotérmicas en el mundo

En los países con un número creciente de centrales geotérmicas, las instituciones afiliadas al gobierno y las empresas del sector privado comparten los costos de los proyectos en la fase inicial. La Tabla 27 muestra las formas en que los países en cuestión mitigan los costos y los riesgos de la fase inicial de desarrollo, para el fomento de desarrollo de los proyectos de las centrales geotérmicas.

Después de que la central geotérmica empiece a funcionar, las condiciones del vapor cambian y las cantidades de vapor disminuyen. Francia proporciona compensación por el riesgo de agotamiento del vapor geotérmico después del inicio de la operación, y establece un mecanismo único de distribución de riesgos.

Tabla 27 Esquema para compartir costos y riesgos (para su propio país)

País y Órgano Implementador	Sumario del Esquema	Características del Esquema en el Inicio del Desarrollo
Japón Subsidios, inversiones y garantías de crédito por parte de JOGMEC (Órgano gubernamental independiente de gas natural y recursos mineros)	JOGMEC ofrece 3 esquemas: subsidios, inversiones y garantías de crédito para reducir el riesgo económico propio de los recursos geotérmicos de “no saber hasta que se perfora” y fomentar el desarrollo.	- Subsidio: para estudios de superficie terrestre y perforaciones prospectivas. - Inversión: hasta un 50 % para costos de exploración. - Garantía de crédito: hasta un 80 % del préstamo si los desarrolladores lo reciben por parte de instituciones financieras privadas.
Francia French Agency for Energy Management (ADEME)	Ofrece garantía para riesgos geológicos para proyectos de energía geotérmica de pequeña a mediana emisión de energía térmica.	-Garantiza los resultados de la perforación (Garantía de riesgo a corto plazo) Ofrece garantía en caso de agotamiento de los recursos geotérmicos durante 15 años (Garantía de riesgo a largo plazo).
Suiza Swiss Federal Office of Energy / Swiss Grid Company	Garantiza más o menos el 50% de los costos de perforaciones y estudios, para proyectos de energía geotérmica de pequeña a mediana emisión de energía térmica.	-Cubre el 50% de los costos de perforaciones prospectivas y estudios, para proyectos de pequeña a mediana emisión de energía térmica. -La planta geotérmica requiere un mínimo de eficiencia energética anual medido en las cabeceras de pozo.

Países Bajos Ministry of Economic affairs	Fondos y subsidios para la exploración conforme al esquema de garantía geotérmica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Garantiza hasta 7,2 millones euros.</li> <li>- Garantiza hasta un 85 % del costo de los proyectos.</li> <li>- La prima es del 7 %.</li> <li>- Se pueden utilizar los seguros privados combinado con los fondos de garantía.</li> </ul>
---	--	---

Fuente : Elaborado por JICA en base a la página web de JOGMEC “Panorama general del mecanismo de mitigación de riesgos / instrumentos de financiación existentes para el desarrollo geotérmico, 2014”

(2) Esquema de participación en los costos y riesgos del desarrollo de la energía geotérmica en la fase inicial.

En los países de Centroamérica y Sudamérica, las centrales eléctricas geotérmicas han utilizado el esquema de participación en los costos y riesgos de la fase inicial del desarrollo de la energía geotérmica, introducido en el marco de multidonantes, basado en los precedentes en África. En la Tabla 28, se detalla el esquema de participación de costos y riesgos en la fase inicial del desarrollo por parte de multidonantes..

Entre estos esquemas de participación en los costos y riesgos, el Perú puede disminuir el riesgo de excavaciones experimentales, utilizando el Fondo para el Desarrollo Geotérmico (GDF) proporcionada por Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Asimismo, se realizaron las verificaciones de los detalles del esquema del FTL del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que tiene precedentes en el desarrollo de plantas geotérmicas centroamericanas, debido a que en conversaciones con el BID, etc., se ha constatado que hay grandes posibilidades de su futuro uso por parte de Perú, a pesar de que a la fecha de mayo de 2016 éste no es miembro del FTL.

Tabla 28 Esquema de costo y riesgo compartido (Multidonantes y Fondos)

Nombre de los Fondos	Descripción	Países	Función
GDF ( Geothermal Development Facility )	En el COP20, KfW y CAF publican una entidad de desarrollo geotérmico para 10 países sudamericanos. Financiación no reembolsable para reducción de riesgos de 75 millones USD. Fondo para el desarrollo de proyectos de 1.000 millones USD, para la construcción de central geotérmica de 350MW.	Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Bolivia, Chile, Ecuador, Colombia, Perú	-Países sudamericanos -Inicio a mediados de 2016 -GDF se ha preparado tomando como referencia la GRMF en África. Si la perforación de exploración no tiene éxito, el reembolso disminuye. En cambio, si la perforación tiene éxito, se reembolsa.
Geothermal Finance and Risk mitigation Mechanism ( IDB, Climate Technology Fund(CTF) )	El Programa de Financiamiento y Transferencia de Riesgo del BID, con el fin de compartir los riesgos con instituciones financieras privadas, ofrece fondos por 10 años para generadora de electricidad con capacidad de 300MW (Los países miembros de la Región 1 de FTL son 16, y a la fecha de mayo de 2016 Perú no está incluido.)	Latinoamérica y el Caribe (México y Chile también)	-Compartir riesgos con entidades financieras privadas -En caso de éxito, los desarrolladores reembolsan el préstamo, los intereses y la compensación por éxito. En cambio, en caso de fracaso, las empresas de seguros y las financieras reembolsan en lugar de los desarrolladores. -En el caso de México, el gobierno de México, la Nacional Financiera (NAFIN) y el BID firmaron un memorándum.
African Rift Geothermal	ARGeo tiene como objetivo el uso efectivo de los recursos geotérmicos y	Eritrea, Etiopía, Kenia, Tanzania y Uganda	Al inicio comenzó como un esquema de fondos para la

Development Facility (ARGeo)	el fomento de la inversión en la energía geotérmica del Gran Valle Rift de África, por medio de la asociación del sector público y privado. Fue establecido por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), y recibió la cofinanciación del Fondo Mundial para el Medioambiente (GEF).		reducción de riesgos (RMF: Reducción de riesgos en la etapa de perforación), pero luego que el Banco Mundial se retiró, se dedica principalmente a dar asistencia técnica y realizar talleres.
Geothermal Risk Mitigation Facility (GRMF)	KfW se estableció para los países africanos del este en 2013. Los fondos cubren los riesgos de exploración y perforación. La cantidad de fondos depende del número de fracasos. KfW, JICA, IDB, GTZ y WB ofrecen fondos sin reembolso para reducir riesgos en el desarrollo geotérmico. La subvención cubre hasta la perforación de exploración.	Etiopía, Kenia, Ruanda, Tanzania y Uganda  (Futuro) Burundi, Comoras, Djibouti, RDC, Eritrea, Zambia	-Fase de exploración del terreno: asume el 80 % de los costos de exploración del terreno y el 20 % del de infraestructura. -Fase de perforación: asume el 40 % del costo de perforación de exploración y el 20 % del de infraestructura. -Se caracteriza por el apoyo en las investigaciones y garantizar el riesgo de las perforaciones de pozos fallidos (pozos sin emanación).

Fuente : Elaborado por JICA en base a las páginas web de cada Fondo, "Panorama general del mecanismo de mitigación de riesgos / instrumentos de financiación existentes para el desarrollo geotérmico, 2014"

La gran impredecibilidad relacionada a la magnitud y naturaleza del fluido geotérmico es una de las razones por las que las empresas no participan en el desarrollo de centrales geotérmicas.

Debido a que no se pueden tomar determinaciones finales después de los estudios sobre el terreno hasta el inicio de las excavaciones<sup>8</sup>, las empresas deben cubrir el costo generado hasta ese momento (35-40% del costo total del proyecto), si después de la perforación se considera que la magnitud y naturaleza del fluido geotérmico no son aptas para proyectos de generación de electricidad geotérmica. Además, en el caso de las plantas de energía geotérmica, como se requiere alrededor de 7-13 años desde el inicio de los estudios hasta la operación de la planta, y las empresas recuperan su inversión después de eso, se estipula que los inversores consideran que el riesgo de inversión en la fase inicial de los proyectos geotérmicos es significativo para la falta de perspectiva clara que ofrecen<sup>9</sup>.

Anteriormente, era posible que la empresa patrocinadora obtuviera un préstamo de un banco para financiar el costo total del proyecto al completarse con éxito la mitad de la excavación. Hoy en día, los bancos comerciales a veces solicitan a la empresa solventar el costo total de la perforación o pueden solicitarle hacer una inversión adicional al proyecto antes de que el préstamo se haya completado<sup>10</sup>.

Para ampliar la construcción de las centrales geotérmicas, es esencial crear un mecanismo de financiamiento suplementario que reduzca el riesgo de carga de la empresa en la fase inicial, en un entorno en el cual los bancos comerciales locales hayan desarrollado estándares más estrictos para los préstamos. Por ello, actualmente, las instituciones gubernamentales y los bancos multilaterales

<sup>8</sup> El tiempo total dedicado a la prospección de tierra y perforación de pozos es de aproximadamente 8 años.

<sup>9</sup> Factores de éxito de políticas para el desarrollo de electricidad geotérmica en la región de APAC, ASIA Pacific Energy Research Center, 2015

<sup>10</sup> Idem

de desarrollo están empezando a proporcionar esquemas de financiamiento que se centran en la mitigación del riesgo de desarrollo de proyectos en la fase inicial.

En Perú, se estipula que hay posibilidades de utilizar los esquemas de las siguientes dos instituciones financieras internacionales: <sup>1</sup> KfW y <sup>2</sup> BID

1) GDF encabezado por el Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW Development Bank<sup>11</sup>)

KfW, junto con otros 14 donantes, incluyendo JICA, anunciaron el "Mecanismo Latinoamericano de Desarrollo Geotérmico (GDF)" en la 20ª reunión de la Conferencia de las Partes de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático Mitigación del riesgo para promover los recursos geotérmicos en los países caribeños y latinoamericanos. JICA, como miembro de GDF, anunció su objetivo de fortalecer el apoyo a la promoción del desarrollo geotérmico junto con otros donantes. El resumen de GDF se encuentra en la Tabla 29.

Tabla 29 Descripción de GDF

	Descripción
Fundar	KfW Development Bank
Consignar	Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ)
Sope of work	Funding to geothermal energy developers(public, private and PPP) - Risk mitigation fund - Bridge financing lines - Investment financing lines Other - technical assistance
Regions and countries	Latin America & Caribbean Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Peru
Other partners	European Commission, World Bank, IDB, BCIE, EIB, AfD, JICA, etc.
Period of operation	Plan to operate this from the end of 2016 <sup>12</sup>
Fund amount	Risk management: EUR 60 million Concessional credit lines: EUR 700 million
Conditions	One project per developer per country per application round per instrument
Expected impacts	Geothermal power plant (Capacity 350MW) Reduction de CO2 emission: 50 million tons

Fuente : Preparado por el equipo de la JICA en base de "IRENA Workshop on Financing Geothermal Development in the Andes,KfW, 22-23, 9, 2015", "Current Topics-Geotehrmal-Latin America, KfW, 2015", y "News-Geothermal heat-generated electricity for Latin America, 2014"

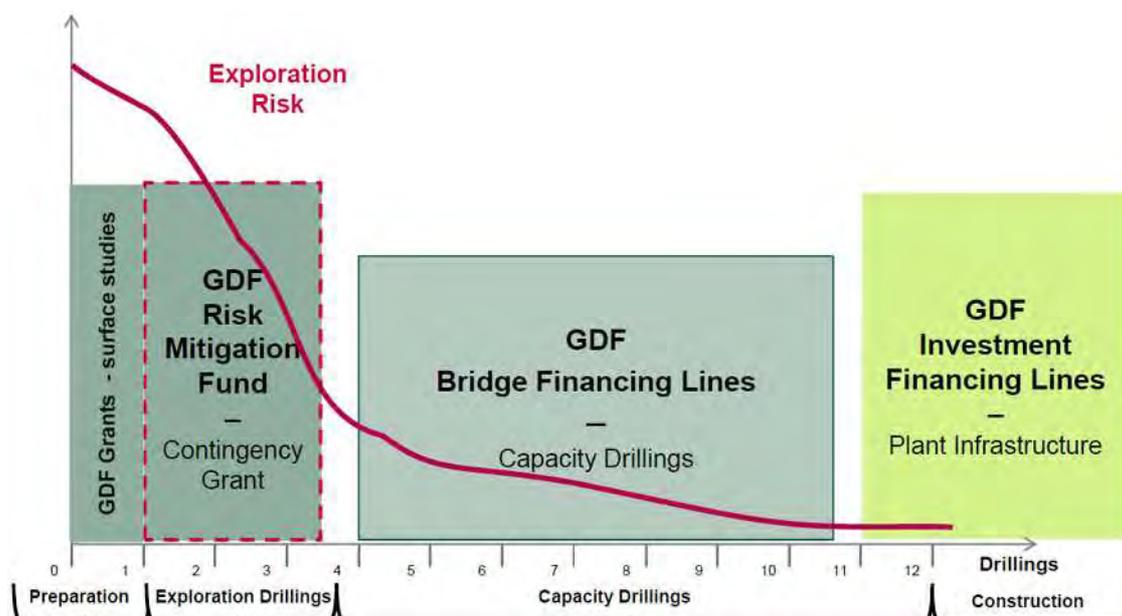
KfW ha tenido cierto éxito en el Fondo de Mitigación del Riesgo Geotérmico (GRMF) en África Oriental que fue estancado antes de GDF. Por lo tanto, se espera que los proyectos no se hayan movido hacia adelante en América Latina y Caribeña aunque poseen potencial de producción, y que se implementen en el mismo esquema. La mayor diferencia entre GRMF y GDF es que mientras GRMF proporciona una subvención en la fase de perforación, GDF proporciona una subvención

<sup>11</sup> KfW Development Bank está incluido en Grupo de KfW. Pricipalmente, tiene a cargo la ejecución de ODA y provee líneas de crédito concesional y subvención.

<sup>12</sup> Según la entrevista con la Oficina de CAF en Perú de CAF en mayo, 2016

sólo cuando el pozo después de la perforación demuestra tener una capacidad de producción sin éxito.

GDF atiende los proyectos desde su inicio hasta la construcción de plantas. La Figura 24 muestra el soporte que GDF proporciona para el riesgo de exploración a lo largo del tiempo de construcción de la planta geotérmica.



Fuente : IRENA Workshop on Financing Geothermal Development in the Andes, KfW, 22-23, 9, 2015

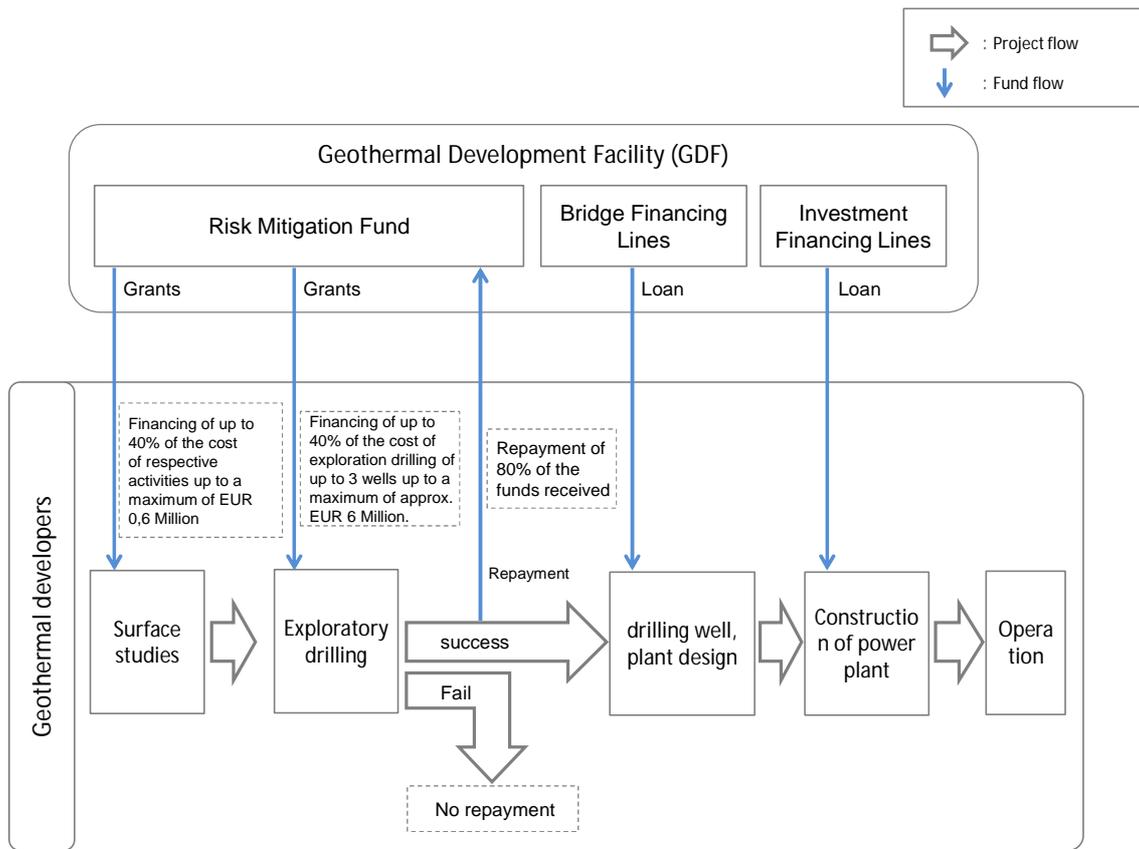
Figura 24 Apoyo de GDF en plazo de un proyecto geotérmico

El proceso de financiación de GDF es lo siguiente. La Beca de Estudios de Superficie cubre el 40% (máximo 600.000 euros) del costo de los estudios de superficie, extraídos del Fondo de Mitigación de Riesgos. Por el mismo modo, la Subvención de Contingencia, también procedente del Fondo de Mitigación de Riesgos, cubre hasta un 40% del costo de perforación de exploración de hasta 3 pozos por un máximo de 6 millones de euros (50% para el primer pozo, 40% para el segundo, y el 30% para el tercero). Si la exploración es exitosa, la empresa debe devolver el 80% de la financiación recibida<sup>13</sup>, pero la refinanciación se permite a través de las líneas de financiación de puente / inversión. El éxito de la perforación se determina por si un pozo tiene una salida de 3MW o más<sup>14</sup>, y también a través de pruebas químicas realizadas sobre los niveles de calor del vapor y la sustancia del vapor.

El financiamiento de puente y de inversión se otorga en base al costo de perforaciones de capacidad de los pozos de producción y la producción planificada de plantas dentro de las líneas de crédito de financiamiento de puente. Al mismo tiempo, la financiación para el coste de construcción se otorga a través de las líneas de crédito de financiación de inversión.

<sup>13</sup> Sobre la parte de reembolso, tasa interés es muy baja (según la entrevista con KfW en mayo, 2016)

<sup>14</sup> Según la entrevista con KfW y CAF en mayo, 2016



Fuente : Preparado por el equipo de la JICA en base de “IRENA Workshop on Financing Geothermal Development in the Andes, KfW, 22-23, 9, 2015”

Figura 25 Sistema de fondo de GDF

## 2) Esquema de Inter-American Development Bank (IDB)

BID brinda apoyo para ampliar el desarrollo de energía geotérmica en México, Chile, Costa Rica y Colombia. En México, utiliza un esquema de mitigación del riesgo.

El "Programa de Financiamiento Geotérmico y Transferencia de Riesgos", que se realizará en México a partir del año 2014, proveerá el financiamiento necesario a los desarrolladores para cada fase del desarrollo geotérmico y tiene como objetivo eliminar barreras a la inversión, disminuir el Valor en Riesgo para las empresas y promover la inversión privada. El BID espera financiar a lo sumo 300MW de capacidad geotérmica adicional en diez años<sup>15</sup>.

En la Tabla 30 se muestra un resumen del Programa de Financiamiento Geotérmico y Transferencia de Riesgo.

<sup>15</sup> IDB HP, Geothermal Financing and Risk Transfer Program

Tabla 30 Programa de financiero de energía geotérmica y transferencia de riesgos

	Descripción
Members	IDB, the Mexican Government, NAFIN (a national development bank), the Clean Technology Fund (CTF), and Munich Re partnered to develop
Programs	Fund to geothermal developers - Concessional loan - Guarantee - Partial grant funding to the cost of insurance Other - technical assistance
Country	Mexico
Operation	2014
Fund amount	Investment: USD 140.1 million Grant: USD 31.5 million Technical assistance: USD 2.8 million
Conditions	This program that utilizes fund from CTF is available for only CTF countries. Currently Peru is not included in CTF countries <sup>16</sup> .
Expected impacts	Geothermal power plant (capacity 300MW) (10 years)

Fuente : Preparado por el equipo de la JICA en base de “IDB HP, Geothermal Financing and Risk Transfer Program”

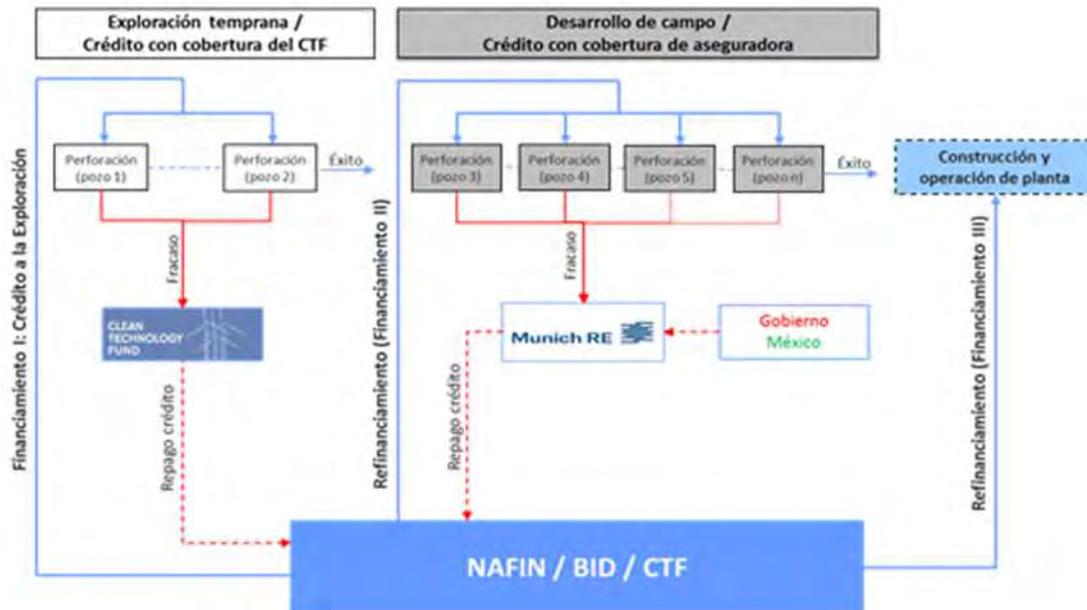
El financiamiento en el marco del Programa de Financiamiento Geotérmico y Transferencia de Riesgos se divide en la fase de exploración y perforación de pruebas y en la fase de perforación y perforación de pozo y desarrollo de campo.

Desarrollador recibe un financiamiento combinado del BID / NAFIN / CTF a través de NAFIN en la fase de desarrollo inicial para la fase de exploración y perforación de prueba. Al utilizar este programa, la compañía puede recibir financiamiento de la CTF. Cuando la perforación es exitosa, el proyecto puede avanzar hacia la fase de desarrollo / producción de campo, pero si la perforación es parcial o totalmente infructuosa, se elimina el financiamiento de la subvención.

En la fase de desarrollo / producción de campo, varios beneficiarios que pagan por el seguro que cubre el hallazgo combinado del BID / NAFIN / CTF o el financiamiento comercial pueden utilizar una donación del FTL y fondos del gobierno mexicano. El diagrama de flujo de financiamiento se encuentra en la Figura 26 a continuación.

<sup>16</sup> en Julio 2016

## Diagrama de Flujo del Programa



Fuente : Preparado por el equipo de la JICA en base de “IDB HP, Geothermal Financing and Risk Transfer Program”

Figura 26 Programa para financiero de geotérmica y transferencia de riesgos

Para poder adoptar el programa de Financiamiento Geotérmico y Transferencia de Riesgo en Perú, el gobierno peruano debe solicitar convertirse en país CTF y una vez aprobado debe construir un programa junto con el BID que sea adecuado para el Perú.

### (3) Esquemas Relacionados para la Promoción de Inversiones en las Fases Inicial de Desarrollo de la Energía Geotérmica

Es importante que el gobierno dirija el desarrollo en la fase inicial. La participación del gobierno es importante pues repercute en la utilización del esquema de costo y riesgo compartido de la etapa inicial del desarrollo geotérmico del marco de multidonantes mencionado anteriormente. La Tabla 31 muestra los esquemas relacionados con el avance de las inversiones en generación de electricidad geotérmica.

Tabla 31 Esquemas relacionados con el avance de las inversiones en generación de electricidad geotérmica en la fase inicial de desarrollo

Esquema	Descripción	Efectos de la promoción	Ejemplos
Utilización de PPP	Se aplica el PPP cuando el Gobierno nacional no quiere tener más deudas y cuando la eficiencia de operación de las entidades privadas es más alta que la de las públicas.  Las empresas privadas manejan desde la construcción hasta la operación. Los capitales se cubren con las ganancias de los proyectos. La propiedad de la planta se trasfiere al gobierno.	Reducción de los costos iniciales por el uso de préstamos de ODA y MDB	(Kenia) KenGen (una empresa nacional de electricidad) implementó la perforación de un pozo de producción y suministro de vapor, aprovechando el desarrollo geotérmico promovido por PPP que construyen y operan empresas privadas. (Chile) ENAP y Enel Green Power han establecido el SPC. El desarrollo geotérmico se promovió hasta la fase de construcción compartiendo los riesgos de perforación de exploración. Este proyecto se llama Cerro Pabellón y es la primera central geotérmica en Sudamérica.
Desarrollo por gobiernos y empresas nacionales	Se implementa el desarrollo geotérmico mediante iniciativas de gobiernos y empresas nacionales. Por lo tanto, se pueden utilizar préstamos de ODA en fase de exploración, ya que se requieren fondos significativos al inicio de los proyectos.	Ídem	(Filipinas) Al finales de 1990, PNOC-EDC implementó un desarrollo de vapor geotérmico y empresas privadas implementaron la generación de electricidad. En este caso, no hay tantos riesgos para las empresas privadas. Por lo tanto, varias empresas participaron y el desarrollo geotérmico ha avanzado. (Indonesia) Pertamina (entidad de gobierno) llevó a cabo un desarrollo junto con empresas privadas nacionales y extranjeras. El Desarrollo geotérmico fue promovido por iniciativa del gobierno.
Perforación de exploración por parte de los gobiernos	Los gobiernos conducen estudios detallados y determinan áreas prospectivas para desarrollo geotérmico. Esto facilita el desarrollo de empresas privadas.	Las primeras etapas del desarrollo implican grandes riesgos. Con este esquema se reducen los costos de investigación.	(Kenia) El Gobierno estableció un régimen para el desarrollo geotérmico. KenGen implementó desarrollo de vapor geotérmico en áreas prospectivas. Así también, el gobierno estableció Geothermal Development Company (GDC) para el desarrollo de vapor geotérmico. Los Gobiernos de Japón e Islandia subsidiaron los costos para la perforación de pozos de exploración.
Estudio y bases de datos para el desarrollo geotérmico por parte del gobierno	El gobierno conduce estudios detallados y análisis para el desarrollo geotérmico. Bases de datos respecto al desarrollo geotérmico. Esto facilita el desarrollo de empresas privadas.	Se reducen los costos y recursos necesarios en las primeras etapas del desarrollo.	Nueva Zelanda: preparó una base de datos para el sistema geotérmico en la ciudad de Waikato. Islandia: el Gobierno maneja y publica una base de datos EE.UU: el Gobierno federal y los regionales manejan y publican bases de datos y mapas. Indonesia: el gobierno maneja bases de datos y áreas prospectivas para el desarrollo geotérmico. Japón: bases de datos con información respecto al potencial de recursos geotérmicos.

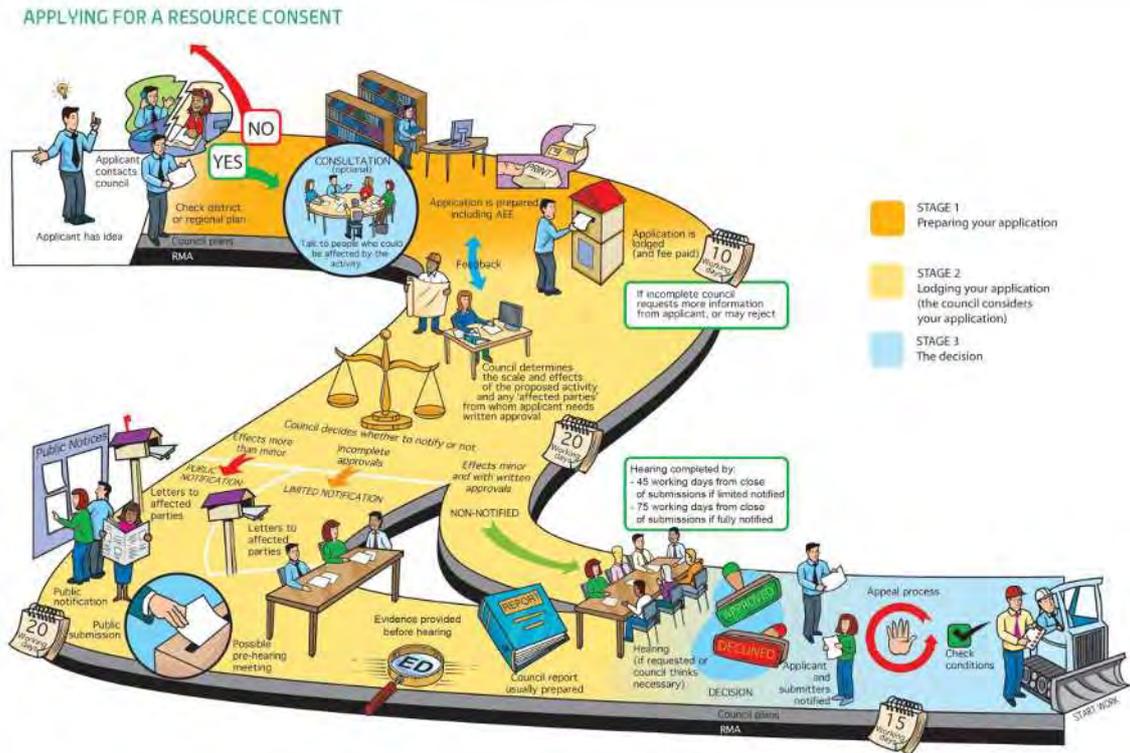
Fuente : Estudio de verificación de la situación actual del desarrollo de la energía geotérmica en África, 2010, JICA, elaborado por JICA en base a “Comisión de recopilación y mantenimiento de información actual de tecnología de desarrollo de energía geotérmica Año Fiscal 2013”, Ministerio de Medio Ambiente, y “Estudios de sistemas de difusión y fomento de países extranjeros para el fomento del desarrollo de la energía geotérmica Año Fiscal 2013”, JOGMEC

#### (4) Ejemplos Principales de Eficiencia de Procedimiento y Cuantificación

Es importante que el procedimiento está aclarado para que los desarrolladores de geotérmica eficazmente efectúen y el objetivo de desarrollo de geotérmico está cuantificado por el gobierno.

##### 1) Eficiencia y aclaración de procedimiento

En Nueva Zelanda, para solicitar la utilización de recursos geotérmicos, el proceso de procedimiento está aclarado, el plazo de procedimiento está regulado, y las informaciones están publicado para que los desarrolladores sepan la guía. La Figura 27 se muestra el proceso de solicitar la utilización de recursos geotérmicos en Nueva Zelanda.

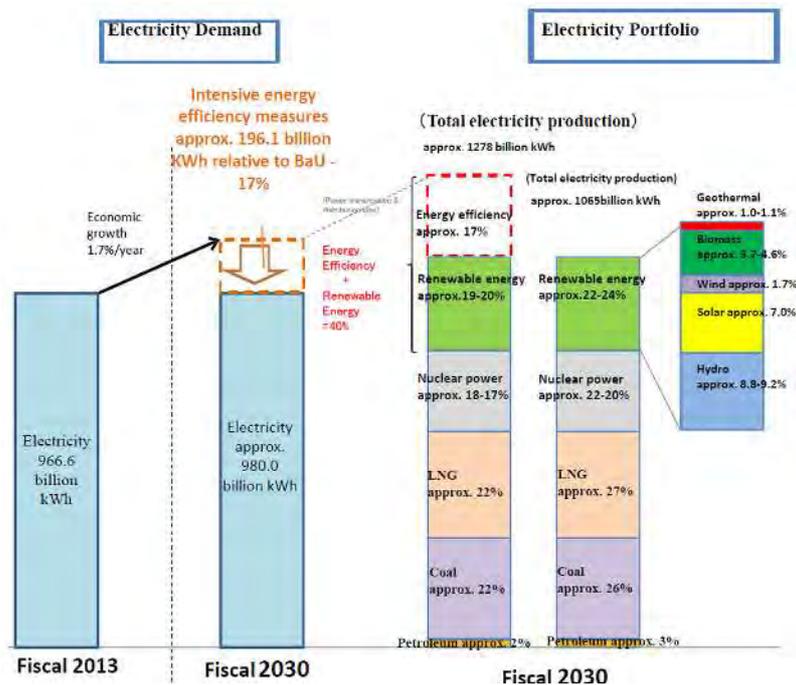


Fuente: An everyday guide: Applying for a resource consent: <http://www.mfe.govt.nz/node/16377>

Figura 27 El proceso de solicitar la utilización de recursos geotérmicos en Nueva Zelanda

## 2) La modificación de plan de acción del gobierno

La Figura 28 se muestra un ejemplo en Japón. El gobierno japonés se indica el objetivo cuantitativo de la composición de origen de electricidad del futuro en INDC de COP21, y también el objetivo de cantidad de instalar cada RER. Actualmente, en el Perú, sector de energía y transporte proporcionan 40% de la emisión de CO<sub>2</sub>, y el Plan de la reducción principalmente manejado por el gobierno indica que la proporción de REDD++ es un tercio.



Fuente: La previsión a largo plazo de oferta / demanda de energía en el Japón, Julio 2015, METI

Figura 28 Los objetivos cuantitativos de cada electricidad

(5) Promoción del Desarrollo Geotérmico a través de la Inversión Privada conforme a la Investigación de Terceros Países (Chile)

3) Razón de la selección de terceros países

La República de Chile (Chile) fue elegida como investigación de terceros países. Las razones de la sección son las siguientes:

- La planta de Cerro Pabellón en el norte de Antofagasta, Chile, primera central geotérmica de América Latina, ha entrado en la fase de construcción y la investigación de los proyectos utilizados hasta esta fase puede ser adaptada y contribuir a la promoción del desarrollo geotérmico en Perú.
- Existen varias similitudes con Chile y Perú, entre las que se encuentran las siguientes: geografía / condiciones climáticas, escala de potencial de desarrollo geotérmico y mecanismos en los que el esquema de promoción de energías renovables del gobierno no prioriza un tipo específico de tecnología de producción y utiliza mecanismos de mercado
- En el futuro, Perú y Chile deben realizar la flexibilización de la energía internacional y se planifica planificar la interconexión de la red entre ambos países; y existe la posibilidad de expandir el suministro de electricidad geotérmica por parte de Perú, no sólo dentro de Perú sino también a Chile, cubriendo el mercado de electricidad de Chile.

Chile enumeró los factores involucrados en el proyecto Cerro Pabellón desde el inicio hasta la construcción y realizó una serie de reuniones con desarrolladores geotérmicos e instituciones afiliadas al gobierno para recopilar la estrategia de promoción más actualizada y la lista de

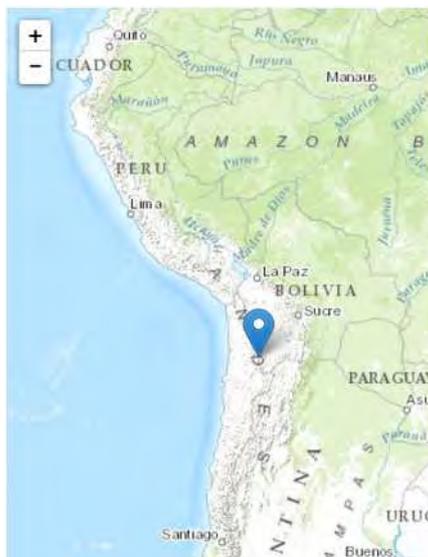
regulaciones de energía geotérmica. La Tabla 32 muestra la lista de reuniones.

Tabla 32 Lista de entrevista en Chile

Entity	Division	Position	Name	Meeting Date
EDC Chile	-	Managing Director Latin America	A. Arman V. Lapus	5 de mayo
	Chile	Business development Manager,	Ignacio Galvez Roa	
Enel Green Power Chile (EGP)	-	General Manager Geothermal CEO of GDN-Geotérmica del Norte (JV of EGP and ENAP)	Guido Cappetti	5 de mayo
Ministry of Energy	Advisor	Unidad de Gestion de Proyectos	Rodrigo Terc Geni	5 de mayo
IDB Chile	Country Office Chile	Senior Economist	Sebastian Miller	6 de mayo
Ministry of Energy	International Department	Professional	Corissa Petro	6 de mayo
	RE Div, Geothermal Unit	-	Ruben Munoz Bustos	
	Sustainable Development Div. Climate Change Unit	Chief	Juan Pedro Searle Solar	
JICA Chile	-	President	Hidemitsu Sakurai	6 de mayo

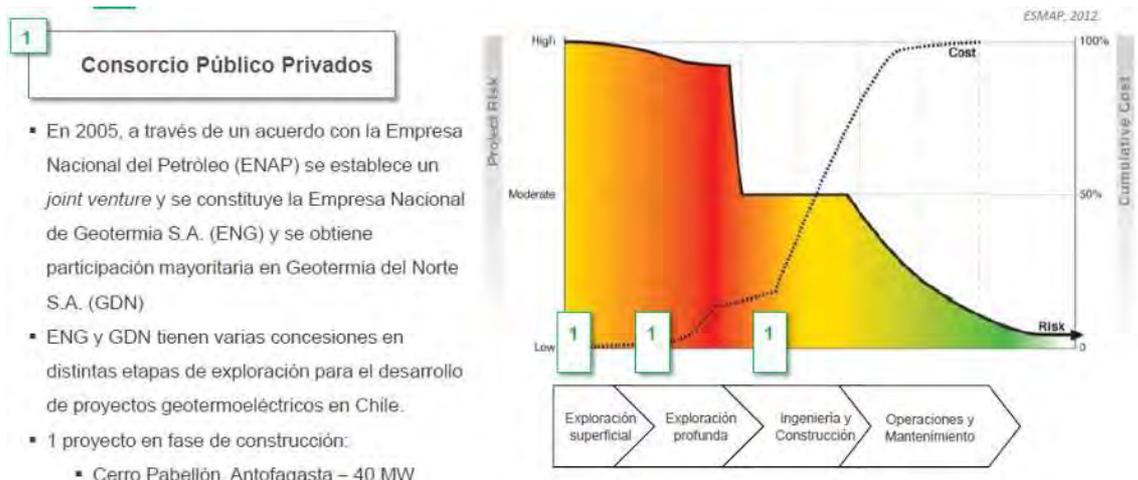
#### 4) Recopilación de informaciones previas

En relación a la investigación de terceros países, se recopilaron informaciones previamente en Japón acerca de la situación del desarrollo geotérmico en Chile. La Figura 29 muestra el área del proyecto Cerro Pabellón que está siendo construido por EGP Chile y ENAP.



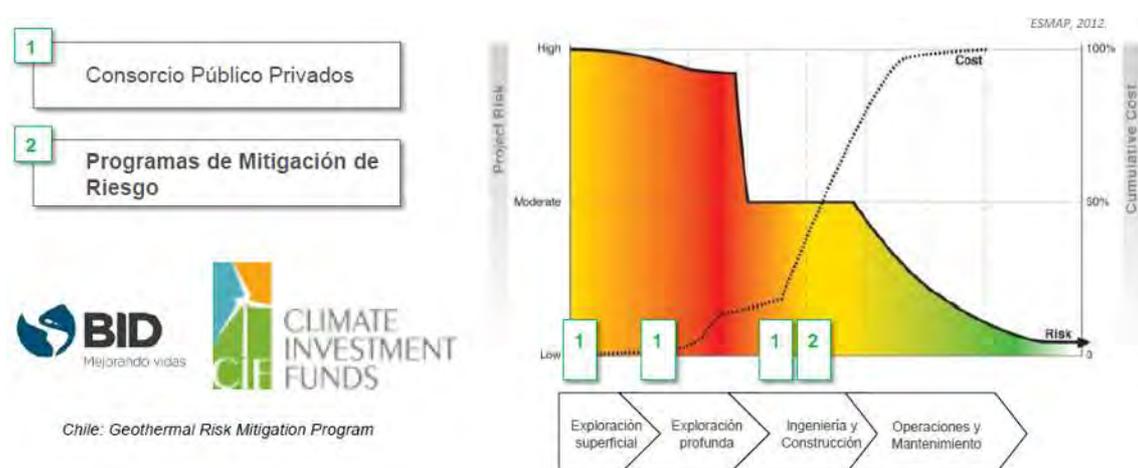
Fuente : Business Insight Latin America  
Figura 29 Mapa de proyecto de Cerro Pabellón

EGP preside los factores que condujeron al éxito del proyecto Cerro Pabellón. En general, se enumera tres factores: en primer lugar, el uso compartido del riesgo mediante PPP (Figura 30), el uso del programa de reducción del riesgo basado en PPP (Figura 31) y la utilización de diversos mecanismos de incentivos (Figura 32). La CII, parte del Grupo del BID, introdujo el Programa de perforación de la FTL en el programa de reducción de riesgos.



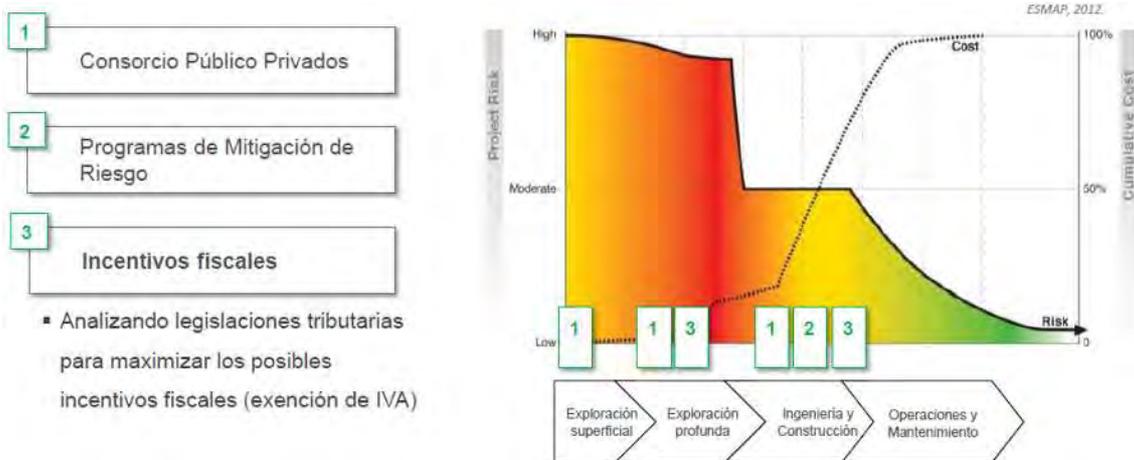
Fuente : Elaborado por JICA en base de “Desafíos para el desarrollo de la Geotermia, 2015, Enel Green Power”

Figura 30 Participación de riesgos por PPP en Cerro Pabellón



Fuente : Elaborado por JICA en base de “Desafíos para el desarrollo de la Geotermia, 2015, Enel Green Power”

Figura 31 Programa de reducción de riesgos en Cerro Pabellón



Fuente : Elaborado por JICA en base de “Desafíos para el desarrollo de la Geotermia, 2015, Enel Green Power”

Figura 32 Incentivos de proyectos en Cerro Pabellón

#### 5) Resultados de la investigación de terceros países

Se llevó a cabo una serie de entrevistas con el líder de la división geotérmica EGP y con el asesor de proyectos de generación de energía del Ministerio de Energía de Chile en relación al proyecto EGP Cerro Pabellón.

##### i) Marco del desarrollo

ENAP participó, ya que este fue el primer proyecto geotérmico y requirió apoyo del gobierno chileno. Inicialmente, la planta Cerro Pabellón ejecutó el desarrollo en la etapa de exploración a través de la empresa de proyecto ENG S.A., 51% propiedad del EPG y 49% de ENAP. En la siguiente etapa de la perforación de pozo de producción y la etapa de construcción de la planta, debido a que ENAP no hizo inversiones adicionales invirtió y solo EGP lo hizo, ENAP pasó a poseer el 25% de la participación, y en la fase de construcción de la planta que se lleva a cabo actualmente ENAP posee el 15%.

Las razones de la participación de ENAP en el desarrollo geotérmico son los siguientes.

- El gobierno de Chile tuvo el propósito de promover electricidad de RER nacionales.
- El gobierno de Chile tuvo el propósito de capacitar a ENAP que no tenía experiencia en desarrollo geotérmico, para adquirir el conocimiento técnico del desarrollo en la etapa de exploración que es de alto riesgo.
- ENAP había alcanzado cumplir una eficiente función en promover la energía geotérmica y coordinar los asuntos locales, en la fase inicial del desarrollo.

Según ME, la participación de ENAP en el proyecto Cerro Pabellón, ayudó a que la explicación sobre explicar la energía geotérmica a las comunidades locales de los alrededores de los lugares de explotación se llevara a cabo de forma fluida, y ayudó a avanzar las negociaciones sin problemas. ME es accionista de ENAP, y los municipios locales se sintieron confiados al haber patrocinio de ME. Como esta fue la primera planta geotérmica en Chile, tuvo un gran impacto que ENAP

explicara los efectos del desarrollo de las centrales geotérmicas.

ii) Condiciones para el desarrollo de la energía geotérmica en Chile

Chile no tiene ningún sistema que dé trato preferencial al desarrollo de energía geotérmica, como FIT. Por otra parte, Perú tiene subastas de energía renovable. Por ello, las encuestas realizadas revelaron que para las empresas explotadoras de energía geotérmica, el Perú era superior a Chile en las políticas de desarrollo geotérmico. El emplazamiento de las plantas geotérmicas en Chile, se encuentran a lo largo de los Andes y la alta altitud derivaría en costos extras para la entrega de maquinaria y materiales. Debido a esto, sería necesario aumentar los costos de electricidad para asegurar la continuidad del negocio, pero el proyecto Cerro Pabellón tiene un PPA de la época en que los costos de la electricidad eran altos, y por ello se concretó el proyecto.

La planta geotérmica Cerro Pabellón tiene una capacidad de generación de energía de 48MW y un costo de desarrollo total de 320 millones de USD. Este costo de desarrollo incluye las inversiones de capital de los futuros costos de ampliación de las instalaciones, por ejemplo, los servicios de logística para el refuerzo de la planta, aproximadamente 100km de líneas de transmisión de energía y los costos de mantenimiento de la zona de producción. A raíz de ello, la ampliación de la planta geotérmica hizo posible lograr un precio de venta de electricidad competitivo.

iii) Prioridad en la financiación

El proyecto Cerro Pabellón ganó prioridad en la financiación por la participación de ENAP. El proyecto fue capaz de obtener préstamos con intereses bajos de los bancos de desarrollo debido a la inversión del 49% de ENAP en la fase inicial del desarrollo.

iv) Participación de ENAP en Proyectos Geotérmicos Futuros en Chile

Como la participación de ENAP fue una de las razones para el éxito del proyecto Cerro Pabellón, existe la posibilidad de que los futuros proyectos se expandan utilizando el mismo mecanismo. De todos modos, el éxito o fracaso del proyecto se determinará en el transcurso de los próximos dos años.

v) Otras Políticas de Promoción de Energías Renovables en Chile

Chile implementa el sistema de cuotas RPS y el impuesto al carbono como un medio para promover la energía renovable de Chile.

El sistema de cuotas RPS en Chile, establecido en 2008 y enmendado en 2013, es un sistema por el cual, las empresas generadoras de energía que tienen plantas generadoras de más de 200MW, deben asegurar una cantidad asignada de energía NCRE<sup>17</sup> (kWh) equivalente al 7% de la energía total producida en 2015. El productor de energía debe producir superando el monto asignado, para lo cual debe producir por sí mismo energía NCRE o comprar esa cantidad de energía NCRE de otros productores de energía de NCRE. La cantidad asignada es aumentada anualmente, y será del

---

<sup>17</sup> Non-Conventional Renewable Energy (NCRE): NCRE representa energías renovables no-convencionales como geotérmica, solar, eólica, biomasa y hidroeléctrica pequeña (menos de 20MW)

20% en 2025.

La situación de la introducción del sistema de cuotas RPS en Chile es que si bien la energía solar y eólica son los principales impulsores, la geotermia no lo es. Según ME, los productores de energía chilenos están impulsando la producción de energía solar y eólica bajo el sistema de cuotas RPS, y la mayoría de las empresas están produciendo más de la cantidad asignada por el sistema de cuotas RPS. El norte de Chile tiene más horas de luz solar, y tiene los niveles más altos del mundo de energía producida por la energía solar. Por lo tanto, numerosos proyectos de energía solar están avanzando debido a su alta rentabilidad. El potencial de producción es alto también para la energía eólica, y se espera que la energía eólica se incremente.

El impuesto sobre el carbono implementado en septiembre de 2014 gravó impuestos sobre el sector eléctrico con respecto a la emisión de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> a partir de 2018. Está dirigido principalmente a la producción de energía térmica y la tasa de impuestos es de 5 USD por tonelada de emisión de CO<sub>2</sub>.

No existen políticas que otorguen un trato preferencial a la fijación de precios de energía geotérmica en Chile. A cambio, el Ministerio de Energía creó un departamento de asesoramiento para ayudar al desarrollo de proyectos mediante el apoyo administrativo y demás, relacionado con la reglamentación y la presentación de documentos, desde la planificación hasta la ejecución y operación de los proyectos.

El precio de venta de energía juega un papel importante en la rentabilidad de las centrales geotérmicas, y en Chile, el precio se determina completamente a través de mecanismos de mercado. Por lo tanto, hay una necesidad de proporcionar superioridad en el precio de venta de la misma en relación no sólo a otras energías renovables, sino también en relación a otras fuentes de energía tales como la termal. En Perú, es alta la posibilidad de establecer una tarifa (precio base) exclusiva para la energía geotérmica, a través de las subastas de RER, pero Chile no fija una tarifa para la energía geotérmica. Así mismo, los costos de electricidad de Chile son más altos que los de Perú. El precio al contado para el mercado de producción de energía fue de 9,1 centavos / kWh promedio en 2014 (2,46 centavos / kWh en Perú) y de 8,3 centavos / kWh el precio promedio final para los consumidores en 2014 (7,85 centavos / kWh en Perú<sup>18</sup>).

A través de los hallazgos de la investigación de terceros países, se demostró que incluso en países como Chile que utilizan un mecanismo de mercado para promover proyectos de producción, la petrolera estatal chilena ENAP y el desarrollador geotérmico privado EGP crearon una empresa conjunta para compartir el riesgo de la fase inicial del desarrollo y aprovechar los fondos concesionales, haciendo un hecho el avance del desarrollo geotérmico. ENAP obtuvo la experiencia técnica en el desarrollo de la energía geotérmica, y fue capaz de desempeñar un papel importante en explicar y convencer a los residentes locales de la importancia de la energía geotérmica.

#### (6) Promoción del Desarrollo Geotérmico a través de la Implicación del Gobierno en la Fase Inicial

La sección (5) detalla el caso de avance del desarrollo de energía geotérmica de Chile, en el cual

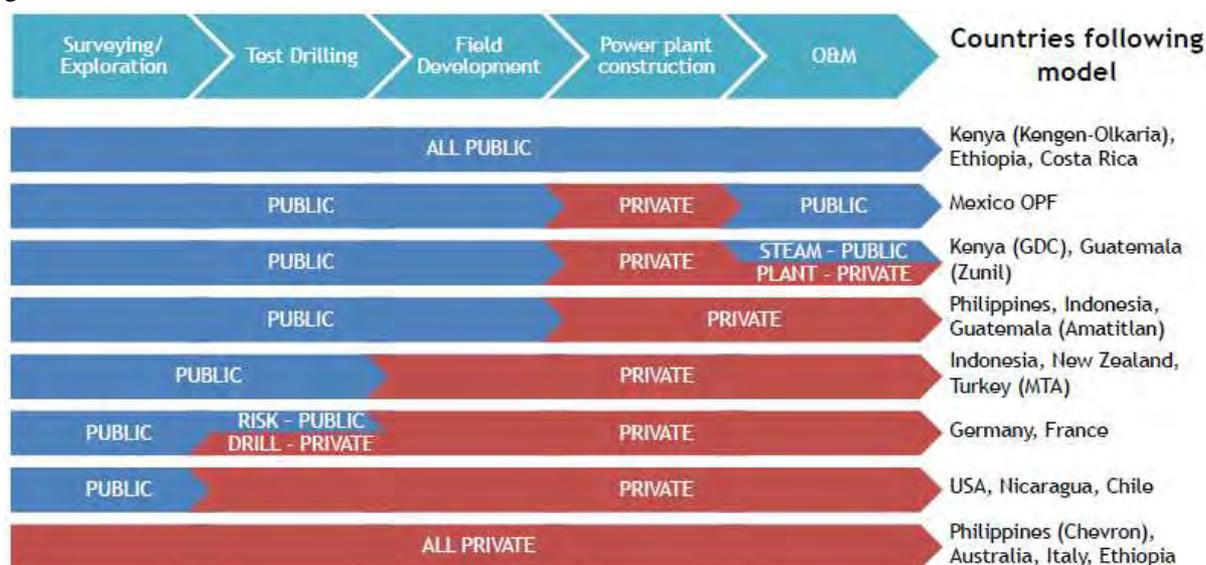
---

<sup>18</sup> Anuario Ejecutivo de Electricidad 2014, Ministerio de Energía y Minas

el gobierno está involucrado en la fase inicial de proyectos de energía geotérmica, incluso siendo un país sin trato preferencial para el desarrollo de energía geotérmica y que requiere ser competitivo con otras energías renovables en el mercado eléctrico.

Actualmente, en muchos países en los que hay un progreso en el desarrollo geotérmico, en la fase inicial del desarrollo geotérmico, bajo la conducción de los gobiernos, se impulsa el desarrollo y se adquiere tecnología y resultados. Después, los gobiernos cambian su función a apoyar el desarrollo geotérmico, jugando un papel principal las empresas privadas, promoviendo el desarrollo a través de inversiones privadas. Se ha señalado a menudo que en la fase inicial del desarrollo geotérmico el gobierno desempeña el papel principal, y luego esa función es transferida al sector privado.

La Figura 33 muestra las formas de desarrollo de los países con recursos geotérmicos. En países con desarrollo avanzado de energía geotérmica, por ejemplo Filipinas, Australia, Italia, Etiopía, Estados Unidos, etc., poseen experiencia en desarrollo geotérmico y existe una participación significativa del sector privado. Por otro lado, países como Kenia y México, que aún se encuentran en la fase de desarrollo de las plantas geotérmicas, tienen una participación significativa del gobierno.



Fuente : Financiamiento Privado del Desarrollo Geotérmico (GGA Reunión de partes interesadas) 2015 IFC

Figura 33 Transición del esquema del desarrollo geotérmico desde del sector público al privado

Todavía no hay ningún país que haya difundido el desarrollo geotérmico totalmente solventado por inversión privada desde la etapa inicial cuando todavía no se han efectuado las perforaciones de prueba. También en Perú, como una de las formas de eliminar el actual estancamiento en el desarrollo de la energía geotérmica, se considera importante la intervención del gobierno para compartir los riesgos y costos de la fase inicial de desarrollo, y promover el desarrollo de energía geotérmica a través de la inversión privada.

## 5. Verificación y análisis de la situación actual para reforzar la capacidad de evaluación y otros de recursos geotérmicos

Para promover la generación de energía eléctrica geotérmica, es necesario establecer una institución especializada con capacidad de desarrollar tecnología propia de geotérmica en su país y capaz de tomar cargo de la promoción y el desarrollo<sup>19</sup>. El gobierno de Perú espera la creación de capacidad sostenible para la evaluación de recursos geotérmicos de INGEMMET a través de asistencia técnica de la JICA. La capacitación de INGEMMET, que se espera ser una institución principal para desarrollar geotérmica en Perú, es un tema muy importante, y el gobierno ha planeado desarrollar geotérmica por inversiones privadas. En este capítulo, el equipo de la JICA investigó la necesidad y el contenido de la capacitación, actualizando los niveles técnicos de INGEMMET desde el Plan maestro preparado por la JICA en el año 2012.

### (1) Situación actual de capacitación de INGEMMET

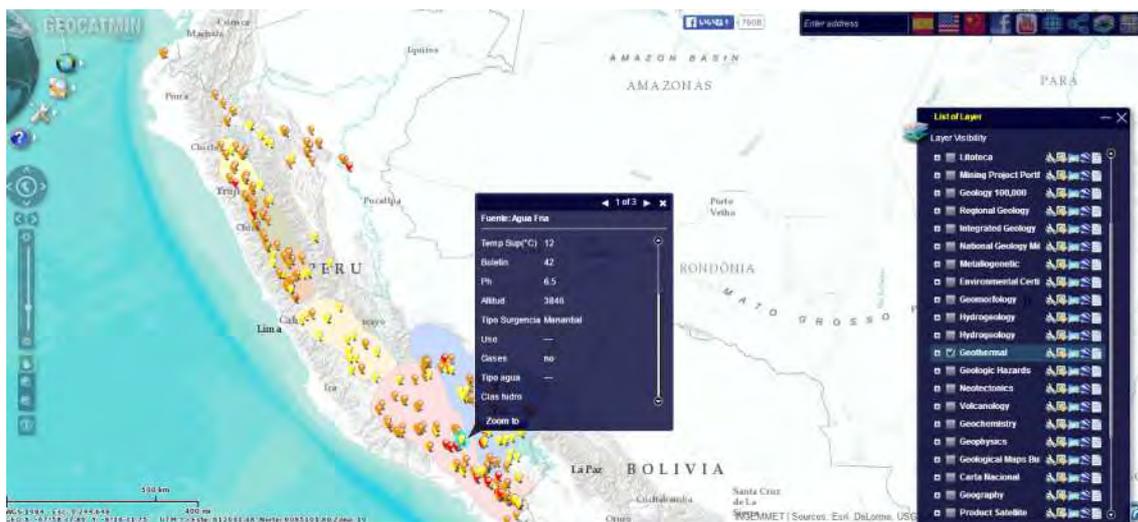
El rango de esta investigación es a partir de la fase inicial de estudio superficial hasta la fase de desarrollo como perforación de prueba y evaluación de yacimientos (incluye evaluación de proyecto y la fase de exploración como antes de perforación de pozo.). El rango de la responsabilidad de INGEMMET es definido por el Decreto Supremo N° 035-2007-EM que indica sus funciones principales como realizar y publicar la investigación de los recursos energéticos, y promover desarrollo de recursos geotérmicos por publicar estudio superficial, etc. En este Decreto Supremo, las actividades como la perforación para el desarrollo geotérmico y la evaluación de viabilidad del proyecto no están claramente definidos. Por lo tanto, la etapa para evaluar niveles técnicos se define como la etapa de investigación.

Como este Decreto Supremo no define claramente las funciones de perforación de pozo ni la evaluación de proyectos, el equipo determina la parte importante de investigar niveles técnicos de INGEMMET en la fase de exploración. Actualmente, INGEMMET está actualizando la base de datos de recursos geotérmicos y minerales. La Figura 34 muestra GEOCATMIN, que es base de datos publicados en la Página web por INGEMMET. El GEOCATMIN publica los resultados del estudio superficial acumulado por INGEMMET, en base del estudio “potencia de recursos geotérmicos en el año 2002”. En 2016, la base de datos de mayo ha actualizado los resultados del estudio en Arequipa, Puno, Pinaya, Moquegua, etc. efectuado en el año 2015. Aunque los datos de las áreas donde se realizó el estudio de superficie han sido actualizados, no siendo así las áreas donde no se hizo el estudio. INGEMMET planea actualizar según los resultados realizados del estudio de 3G<sup>20</sup> y también seguir actualizando la base de datos para el año 2021.

---

<sup>19</sup> Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation

<sup>20</sup> The study that estimates the amount of geothermal resources from the surface by investigating Geology, Geophysics and Geochemistry.



Fuente : INGEMMET HP

Figura 34 GEOCATMIN como bases de datos sobre minas y geología

En las entrevistas para verificar la situación actual de capacitación de INGEMMET, en base a literaturas especializadas<sup>21</sup> en energía geotérmica, el equipo identificó el contenido de funciones necesarias para el estudio de superficie, evaluación de cantidad de recursos y pasos de trabajo de prueba, y listó capacidades requeridas en los estudios que se realizan en la fase inicial del desarrollo geotérmico. Las capacidades requeridas están separadas en estudio general y estudio detallado.

El equipo definió la situación actual de capacitación de INGEMMET (lo que es) en relación a la capacidad básica de propulsión del desarrollo de la energía geotérmica (ser). Y definió antes del estudio, la necesidad de implementar estudios de superficie terrestre hechos por instituciones especializadas, con profunda consciencia de la necesidad de comercializar esta tarea. El equipo propuso el contenido de capacitación necesaria según la diferencia entre el nivel de capacitación y el ideal que debería alcanzar.

La Tabla 33 y la Tabla 34 se muestran contenido necesario y los resultados de la entrevista en el Perú. Según los resultados de la entrevista, INGEMMET mencionó que el estudio de la superficie terrestre, que es su propia tarea, está siendo programado e implementado. Por otro lado, como el objetivo del estudio fue investigar básica y científicamente la cantidad de recursos, el equipo reconoció que la finalidad de INGEMMET no estaba fuertemente concentrada en la comercialización de la energía geotérmica, que es el objetivo de las empresas explotadoras.

<sup>21</sup> Se tomó como referencia “Manual de energía geotérmica, 2014, La sociedad de investigación geotérmica de Japón” debido a que se supone que la edificación de la capacitación será implementada por empresas japonesas.

Tabla 33 Creación de capacidad para INGEMMET (A)

Conjunto de habilidades necesarias	Ubicación (Laboratorio / campo)	Nivel actual de las habilidades de INGEMMET	Nivel de habilidad requerido	Conjunto de habilidades en desarrollo/plan de entrenamiento
A1. Delimitación del área de estudio <ul style="list-style-type: none"> <li>Llevar a cabo entrevistas con los propietarios de tierras, los propietarios de negocios de aguas termales y las empresas mineras locales sobre el posible desarrollo geotérmico.</li> <li>Al mismo tiempo, reunir información para conocer las leyes locales y los programas de incentivos de los Gobiernos central y locales sobre la energía renovable, así como las regulaciones ambientales de los parques nacionales y bosques de propiedad del Gobierno, etc.</li> <li>Compilar las investigaciones y estudios geotérmicos más recientes sobre las áreas candidatas.</li> </ul>	Laboratorio	Nivel estándar	Tiene conocimiento de seleccionar y priorizar áreas prácticas de estudio para desarrollar geotérmica con inversiones privadas	El objetivo es conocer básica y científicamente la cantidad de recursos geotérmicos, y no desarrollar geotérmica por desarrolladores privados.
A2. Definir los objetivos del estudio y los detalles. <ul style="list-style-type: none"> <li>Con base en la fase A1, decidir la zona de medición del estudio, las metodologías y el plan general del mismo.</li> </ul>	Laboratorio			
A3. Estudio superficial <ul style="list-style-type: none"> <li>Llevar a cabo estudios geológicos, geofísicos y geoquímicos (MT y de gravedad).</li> </ul>	Campo			
A4. Evaluar los resultados del estudio <ul style="list-style-type: none"> <li>Comprender la estructura geológica y la fuente de calor de la zona de estudio y áreas adyacentes.</li> <li>Identificar el potencial de los recursos geotérmicos de la zona estudiada.</li> <li>En caso de que se cubra una gran superficie, realizar múltiples viajes de estudio con diferentes metodologías y/o la densidad de puntuación.</li> </ul>	Laboratorio			
A5. Perforación de exploración y pruebas de pozo <ul style="list-style-type: none"> <li>A través del estudio de los cortes y de medición respecto a las técnicas de perforación, identificar la información geológica, fracturas, la presencia de fluido geotérmico y las temperaturas a lo largo del pozo de sondeo.</li> <li>A través de pruebas (inyección de agua, liberación de vapor por corto tiempo), identificar las características de la perforación, así como el líquido en su interior.</li> <li>El diámetro común de la perforación en la parte inferior es de 100 mm o 150 mm.</li> </ul>	Campo	Fuero de responsabilidades de INGEMMET	Tiene conocimiento para continuar el desarrollo geotérmico por desarrolladores privados	
A6. Evaluación de los recursos geotérmicos <ul style="list-style-type: none"> <li>Con la fabricación de un modelo conceptual del sistema geotérmico y simulaciones matemáticas preliminares, evaluar la reserva.</li> <li>Estimar los recursos geotérmicos dentro del área estudiada.</li> </ul>	Laboratorio	Nivel estándar		
A7. Tomar la decisión si se debe proceder al estudio detallado <ul style="list-style-type: none"> <li>Con base en los resultados de la investigación preliminar, tomar la decisión si proceder al estudio detallado o no.</li> <li>Una vez que se haya decidido proceder, definir los objetivos para los estudios detallados y sus características específicas.</li> </ul>	Laboratorio	Fuero de responsabilidades de INGEMMET		

Tabla 34 Creación de capacidad para INGEMMET (B)

Conjunto de habilidades necesarias	Ubicación (Laboratorio / campo)	Nivel actual de las habilidades de INGEMMET	Nivel de habilidad requerido	Conjunto de habilidades en desarrollo/plan de entrenamiento
<p>B1. Estudio de campo suplementario</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe llevar a cabo una inspección adicional sólo cuando se espera aumentar de forma significativa la precisión del modelo conceptual o de la elección del sitio de perforación, y si esto es posible mediante un estudio suplementario.</li> <li>• En caso de realizar estudios geofísicos de alta densidad, utilizar un método diferente.</li> </ul>	Laboratorio	Nivel estándar	Tiene conocimiento de seleccionar y priorizar áreas prácticas de estudio para desarrollar geotérmica con inversiones privadas.	
<p>B2. Perforación piloto y pruebas de pozo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con base en los resultados preliminares del estudio, decidir las especificaciones de la perforación piloto y su objetivo.</li> <li>• A través del estudio de corte y medición durante las técnicas de perforación, identificar la información geológica, fracturas, existencia de fluido geotérmico y las temperaturas a lo largo del pozo de sondeo.</li> <li>• A través de pruebas (inyección de agua, liberación de vapor por corto tiempo), identificar las características de la perforación, así como el líquido en su interior.</li> <li>• Simultáneos a la perforación y la fase de prueba, se deben realizar estudios ambientales sobre las aguas termales y ríos cercanos.</li> <li>• El diámetro típico del orificio en la parte inferior es de 150 mm o 250 mm. Esto es para hacer posible la conversión posterior a la producción, la reinyección o el pozo de monitoreo.</li> </ul>	Campo			
<p>B3. Prueba de producción a largo plazo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usando múltiples pozos dentro de las áreas de prospección, llevar a cabo simultáneamente y a largo plazo (por lo general más de 3 meses) las pruebas de producción de los pozos y recopilar datos respecto a la tasa de producción, la velocidad de inyección y las características de vapor. Dichos datos son necesarios para evaluar el yacimiento geotérmico.</li> <li>• Recopilar datos sobre la escala de adhesión y el impacto ambiental en la región, incluyendo las aguas termales, para tomar una decisión final sobre si emprender un proyecto o no.</li> </ul>	Campo	Fuero de responsabilidades de INGEMMET	Tiene conocimiento para continuar la geotérmica por desarrolladores privados	El objetivo es conocer básica y científicamente la cantidad de recursos geotérmicos, y no desarrollar la geotérmica por los desarrolladores privados.
<p>B4. Evaluación de recursos geotérmicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificar el modelo conceptual del sistema geotérmico basado en los estudios de superficie, las pruebas de pozo y los resultados de las pruebas de producción a largo plazo.</li> <li>• Crear un modelo matemático y evaluar el depósito geotérmico mediante simulaciones.</li> <li>• Evaluar los recursos geotérmicos de la zona estudiada y hacer una estimación de la capacidad de generación.</li> </ul>	Laboratorio			
<p>B5. Evaluación integral</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se lleva a cabo la evaluación con base en la evaluación de recursos, estimaciones de producción, las características del vapor, la condición de la escala, el impacto ambiental y la evaluación económica.</li> <li>• La capacidad de producción, tipo de generación e instalaciones necesarias son los factores clave para tomar una decisión final.</li> </ul>	Laboratorio			

(2) Personales y equipamientos de análisis de INGEMMET

El equipo confirmó cambio de personales para el desarrollo geotérmico en INGEMMET, actualizando informaciones de personales desde el Plan maestro preparado por la JICA en el año 2012. La Tabla 35 muestra los resultados.

Confirmando el incremento de personales en mayo 2016 aunque había un geólogo, un geoquímico, un geofísico en el Plan maestro de desarrollo geotérmico en 2012.

Tabla 35 Desarrollo de capacidades para INGEMMET

Experto	2011 (número de personas)	2016 (número de personas)
Geólogo	1	2
Geoquímico	1	2
Geofísico	1	5
Ingeniero de yacimientos	0	0
Ingeniero en perforación	0	0
Ingeniero eléctrico	0	0
Científico medioambiental	0	1
Analista financiero	0	0
Científico SIG	2	2
Perforadores	0	0
Técnicos	0	0
Total	5	12

Según el Plan maestro de 2012, no había equipamiento suficiente para el desarrollo geotérmico en INGEMMET. En 2016, INGEMMET puede efectuar análisis de gases que son necesarios en el desarrollo por la instalación de equipamientos desde los Estados Unidos etc.

Tabla 36 Equipamiento de INGEMMET para estudios de geotérmica

Categoría	Equipamiento	2011 (cantidad)	2016 (cantidad)
Equipamiento geológico	GPS simple	1	2
	Termómetro digital	1	1
	Inclusión de fluido etapa de calentamiento y de congelación	1	1
	Microscopio binocular	1	2
	Microscopio petrográfico	5	5
	Difractómetro de rayos X	1	1
	Fluorescencia de Rayos X	0	1
	ICP-OES	1	1
	Espectroscopia de masas para el fechado	0	0
Equipamiento geofísico	GPS diferencial	1	2
	GPS simple	3	6
	TEM	0	1
	MT	0	2
	Gravímetro	0	1
	Magnetómetro	0	4
	Sismógrafo portátil	6	4
Equipamiento geoquímico	GPS simple	1	1
	Termómetro digital	1	6
	Medidor de pH	1	1
	Medidor de conductividad	1	1
	Equipo de muestreo de agua	1	1
	Equipo de muestreo de gas	0	1
	AAS	1	1
	Cromatógrafo iónico (IC)	1	0
	Cromatógrafo de gas	0	1
	Espectrómetro de masas de Isótopos estables	0	1
	Contador de centelleo de tritio y analizador C14	0	1
	Ingeniería de yacimientos	Conjunto de herramientas de calibración Kuster	0
Huinche maderero		0	0
Equipamiento de perforación	Equipo de perforación rotatoria completo	0	0

(3) La necesidad de reforzar la capacitación de INGEMMET

INGEMMET que ha efectuado estudios de superficie terrestre por sí mismo en la fase inicial de desarrollo geotérmico, está alcanzando niveles satisfactorios en recursos humanos y aparatos e instalaciones necesarios para el análisis. Sin embargo, para promover la generación de energía geotérmica e industrializarla en Perú, son necesarios los siguientes refuerzos a la capacitación para el desarrollo de la capacitación.

- Fortalecimiento de capacidades de estudio de superficie terrestre ponderando la comercialización del desarrollo geotérmico

INGEMMET ha estado acumulando experiencia en el estudio de superficie terrestre. Pero, para que los resultados de los estudios sean utilizados con iniciativa por parte de las empresas privadas de desarrollo geotérmico, es necesario efectuar la clasificación de las áreas de estudio de superficie terrestre, así como determinar el orden de prioridad, e implementarlos comenzando por las de mayor

comercialización. El costo inicial de construcción de planta de energía geotérmica es relativamente grande. Por lo tanto, se debe promover los estudios considerando su comercialización, realizando los estudios de superficie terrestre, poniendo como prioridad las áreas que impliquen un menor costo de construcción de las centrales geotérmicas. Los factores que afectan al costo de construcción de la planta no son solos los espacios de construcción de la planta sino también varios factores como transporte e instalación de equipamientos, necesidad o no de campamentos para construcción, la posibilidad de asegurar trabajadores, distancia la red eléctrica, etc. Por consiguiente, se considera que la capacidad de seleccionar áreas de estudios de superficie terrestre considerando el medio ambiente y la situación de economía y sociedad del Perú, contribuye a la promoción del desarrollo geotérmico.

Para efectuar los estudios en vista de su comercialización, son necesarios no sólo la investigación científica sobre geología, sino también la investigación del desarrollo geotérmico como emprendimiento comercial y adquirir la capacidad de gestionar todo el proyecto.

- Refuerzo de la capacitación de personal que cumpla funciones prioritarias en la promoción de la industria de generación de energía geotérmica

En el desarrollo geotérmico se requieren numerosos trabajadores en cada fase de desarrollo. Así mismo, en el área de Organización y Mantenimiento de la industria de generación de energía geotérmica se necesita constantemente de empleados, lo cual tiene un impacto grande en la creación de empleos. Aunque en la actual fase de exploración, las empresas privadas de desarrollo geotérmico efectúan los estudios en la fase de exploración, bajo la obtención de derechos de exploración, todas son de capitales extranjeros y no existen empresas de capitales nacionales en el Perú.

Para industrializar el desarrollo geotérmico en el Perú, desde el punto de vista del estudio de superficie terrestre, del conocimiento experimental y la especialización sobre exploración de recursos geotérmicos, no existe otro organismo más que INGEMMET que pueda promover de forma práctica el desarrollo geotérmico en Perú. La Tabla 37 muestra empleados para desarrollar planta de geotérmica con capacidad de 50MW.

El estudio de la superficie terrestre que está relacionado con la implementación tomando en cuenta su comercialización, como ha sido mencionado antes, es un estudio importante porque representa la puerta de entrada del desarrollo geotérmico. En la selección de áreas prometedoras y distribución de cantidad de recursos geotérmicos, para que sea un desarrollo geotérmico que tenga en cuenta su industrialización y la reconstrucción de la industria regional, es necesario que INGEMMET tenga un papel principal y que tenga la función de dirigir el desarrollo geotérmico. De esta forma se podrá contribuir al fomento de las actividades y la creación de empleos en las áreas de desarrollo. Aunque el número de empleados actuales en INGEMMET puede efectuar y apoyar técnicamente para desarrollar la primera planta geotérmica de Perú, hay grandes posibilidad de que al progresar aumenten el número de proyectos de desarrollo y se produzca falta de personal. La Tabla 38 muestra el número de empleados para fase de exploración de geotérmica. También, se considera que para reunir recursos humanos que tengan el papel de ser entrenadores se requiere la

transmisión de tecnología, técnica de estudio de superficie terrestre, planificación personal efectivo, experiencia de manejar cronograma y proyecto.

Tabla 37 Número de empleados para el desarrollo geotérmico (50MW)

Etapa de desarrollo	Número de empleados
Inicio	10 – 13
Exploración	11 – 22
Perforación	91 – 116
Diseño de planta y Construcción (EPC)	383 - 489
Operación y Mantenimiento	10 – 25
Sistema de manufactura de la planta	192 – 197
Total	697 – 862

Fuente : Empleos ecológicos a través de la energía geotérmica, 2010, GEA

Tabla 38 Número de empleados para la fase de exploración de geotérmica (50MW)

Especialista	Antecedentes educativos	Número de empleados
Geólogo	Univ. graduados	1 - 2
Geofísico	Univ. graduados	1 – 2
Personal para recoger datos	Escuela secundaria técnica	2 – 5
Geoquímico	Univ. graduados	1
Científico de GIS	Colegio técnico	1
Perforadores para exploración	Escuela secundaria técnica	3 – 7
Analista de muestras	Univ. graduados	1 – 2
Consultores	Univ. graduados	1 – 2
Total estimado		11 - 22

Fuente : Empleos ecológicos a través de la energía geotérmica, 2010, GEA

Desde los niveles técnicos actuales y la dirección de fortalecer las capacidades, entrenamientos necesarios son los siguientes.

- Entrenamiento de largo plazo, que puede gestionar proceso completo de vida de ciclo de desarrollo geotérmico por aprender las técnicas a partir de planeamiento, investigación, exploración, operación, mantenimiento a rehabilitación.
- Asistencia de conseguir título de maestría de técnica de desarrollo geotérmico (asistencia para estudiar por beca)

## 6. Políticas de promover desarrollo geotérmico por inversiones privadas

En base de las informaciones y la situación actual descritas en el Capítulo 1 al 5, en este Capítulo el equipo analiza los factores de inhibiciones y los problemas que se presentan en el desarrollo geotérmico por las inversiones privadas en el Perú, analiza las políticas que el gobierno del Perú debe implementar para solucionarlos, y propone también el apoyo financiero para el desarrollo geotérmico principalmente empresas privadas.

### (1) Análisis de los problemas relacionados a la promoción del desarrollo geotérmico por inversiones privadas

En base de las informaciones y la situación actual descritas del Capítulo 1 al 5, el equipo analiza los problemas del Perú.

La Figura 35 muestra el marco de los factores de inhibiciones en el desarrollo geotérmico. Los factores para la promoción son los siguientes.

- Obtener informaciones relacionadas a los datos exactos y varios recursos geotérmicos
- Tener un instituto especializado para la promoción del desarrollo geotérmico
- Establecer políticas y reglamentos para la promoción del desarrollo geotérmico
- Tener acceso a la financiación adecuada

El equipo investiga los problemas, el análisis y las soluciones para el Perú tomando en cuenta los factores de promoción.

Factores para el desarrollo geotérmico	Puntos de estudio sobre los factores para el desarrollo geotérmico
Posibilidades de obtención suficiente de datos de recursos geotérmicos e información pertinente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se ha establecido el modelo conceptual de potencial de recursos</li> <li>• Si tiene cantidad y características de recursos con posibilidad de uso comercial</li> <li>• Si se ha verificado la posibilidad de abastecimiento de energía geotérmica</li> <li>• Si hay datos de exploración publicados en dominio público</li> </ul>
Instituciones especializadas efectivas en el fomento del desarrollo geotérmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se ha establecido el sistema gubernamental relacionado con el desarrollo geotérmico, y si está clarificado su función</li> <li>• Si hay organismos que acumulan el conocimiento especializado de desarrollo geotérmico (Qué tipo de apoyo es necesario para el mejoramiento de la tecnología de desarrollo geotérmico de INGEMMET)</li> </ul>
Políticas y reglamentación que apoyan el fomento del desarrollo geotérmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si el gobierno tiene iniciativa política fuerte como FIT y RPS</li> <li>• Si son claros los trámites de conexión a la planta eléctrica (SEIN)</li> <li>• Si son claros los trámites de evaluación de impacto ambiental (EIA)</li> <li>• Si hay apoyo del gobierno a PPP</li> <li>• Si existe planes de desarrollo geotérmico</li> </ul>
Acceso al otorgamiento de créditos de desarrollo adecuados al ejecutor del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si es posible el uso de fondos de garantía para riesgos</li> <li>• Si se puede hacer uso de fondos de desarrollo internacional y préstamos leves</li> <li>• Si es posible el uso del marco de multidonantes</li> </ul>

Fuente: Elaborado por JICA en base de “Manual Geotérmico: Planificación y Financiamiento Generación de Energía, Informe Técnico ESMAP 002/12, Banco Mundial”

Figura 35 El marco de factores de inhibiciones en desarrollo geotérmico

La Tabla 39 muestra el resultado del análisis de la detección de problemas y la orientación de su solución para la promoción del desarrollo geotérmico por inversión privada en el Perú, llevado a

cabo a través de una investigación local. Los temas principales son la acumulación de experiencias de perforación de prueba, el fortalecimiento del instituto especializado, la publicación previa de precio base para la subasta, el planeamiento para el desarrollo geotérmico, la participación del gobierno que no participa en los proyectos de generación de electricidad.

Tabla 39 Dirección de identificación de problemas y solucionarlos mediante la promoción del desarrollo geotérmico por inversión privada (borrador)

Factores de promoción de desarrollo geotérmico	Aspectos de análisis	Problemas en el Perú		Dirección de solucionar los problemas
		Problemas	Descripción	
Posibilidad de conseguir informaciones de exactas de los recursos geotérmicos	¿Está claro el potencial de los recursos?	-	No hay problemas porque el potencial está aclarado por los estudios anteriores.	
	¿Tiene la cantidad y característica de recursos comerciables?	La cantidad y característica de recursos no están claras por falta de experiencia de perforación de prueba	No se ha confirmado el vapor que tenga la cantidad y característica de recursos comerciables en áreas de desarrollo del Perú.	1. Proponer al gobierno del Perú para tener iniciativa de conducir perforación de prueba
	¿Se ha confirmado la posibilidad de suministro de energía geotérmica?	¿La posibilidad de suministro de energía no está clara por razones anteriores	ídem	
	¿Se han publicado los datos de investigación?	-	No hay problema porque INGEMMET pública los resultados de estudio de la superficie terrestre en GEOCATMIN.	
Institutos especializados y efectivos para promover desarrollo geotérmico	¿Están organizados los institutos del gobierno para el desarrollo y están claramente demarcados los papeles de los institutos?	-	No hay problema porque MEM ofrece servicio de asesoramiento para el procedimiento y gestión aunque no hay introducción como manual.	
	¿Hay institutos con conocimientos especiales acumulados para el desarrollo geotérmico?	No avanza el proceso de desarrollo geotérmico porque solamente existe el instituto de estudio de la superficie terrestre.	Falta de un instituto y personal que puedan manejar totalmente el desarrollo geotérmico aunque INGEMMET efectúe el estudio de la superficie terrestre.	2. Capacitar los institutos y el personal que puedan manejar totalmente los proyectos de desarrollo geotérmico.
Políticas y reglamentos para promover el desarrollo geotérmico	¿El gobierno tiene una iniciativa política como FIT y RPS?	Inversiones privadas son paralizadas porque precio adecuado de subasta de generación de electricidad geotérmica anteriormente no está publicado.	Es posible determinar el límite de precio base de electricidad de cada RER. Pero el de la electricidad geotérmica no está publicado (Es necesario publicarlo de manera temprana porque los riesgos en el inicio son altos y el plazo del desarrollo es largo.	3. Proponer al gobierno del Perú que publique previamente el límite de precio base adecuado para promover la generación de electricidad geotérmica.
	¿Están claros los procedimientos para	-	No hay problema porque el procedimiento y la	

	conectar a red desde las plantas de generación eléctrica de RER?		experiencia de conexión al SEIN está sobre otros RER	
	¿Están claros los procedimientos de EIA?	-	No hay problema porque procedimiento y la unidad de ejecución están claros aunque se tardará tiempo hasta la aprobación de EIA para la primera instalación por falta de experiencia de EIA en la generación de electricidad geotérmica en gran escala	
	¿Hay apoyos del gobierno para PPP?	No se puede compartir riesgos porque MEM no tiene política de efectuar proyectos de generación de electricidad por apoyo financiero.	Generalmente, el gobierno no participa en los proyectos de generación de electricidad en la forma financiera como inversión, financiación y garantía. Pero hay algunos proyectos que no obedecen esta política como en caso del proyecto hidroeléctrico de Moquegua	4. Proponer al gobierno del Perú para compartir riesgos de proyectos de generación de electricidad geotérmica por PPP como excepcional
	¿Hay un plan de desarrollo regional para la electricidad geotérmica?	No existe un objetivo cuantitativo aunque la promoción para la diversificación de generación de electricidad está escrito en la Política Energética Nacional del Perú 2010-2040.	Los objetivos cuantitativos como la cantidad de generación de electricidad geotérmica y la reducción de emisión de CO2 no están considerados en Política Energética Nacional del Perú 2010-2040 e INDC.	5. Proponer al gobierno del Perú para mostrar objetivos de políticas sobre la cantidad instalada de generación de electricidad geotérmica
Acceso para preparar fondos de desarrollo adecuado para desarrolladores	¿Es posible utilizar los fondos para la mitigación de riesgos?	-	GDF planea prestar servicio a partir del fin de 2016. CTF se ofrecerá después de que Perú sea registrado.	
	¿Es posible utilizar fondos de desarrollo internacional y préstamo blando?	-	Aunque no hay proyecto que ha procedido hasta la fase de desarrollo, es posible suponer combinación con los fondos de mitigación de riesgos como GDF. También, hay una posibilidad de ofrecer préstamo de la JICA para el desarrollo geotérmico si el proyecto es ejecutado por el gobierno y empresas públicas.	
	¿Es posible utilizar la subvención de multidonante?	-	Ídem	

Fuente: Elaborado por JICA

(2) Investigación y sugerencia de las políticas que el gobierno del Perú debe adoptar para solucionar los problemas

El gobierno del Perú tiene el propósito de promover el desarrollo geotérmico únicamente por inversión privada. Se supone el caso de desarrollar la geotérmica por la inversión privada en el Perú y se calcula PPA cuando FIRR es de 12%. La Figura 36 se muestra el balance del proyecto geotérmico que es la base del cálculo.



Figura 36 Balance del proyecto geotérmico en el Perú

Se muestran los resultados del cálculo sobre la rentabilidad del proyecto en la Tabla 40 y la Tabla 41.

La Tabla 40 indica el resultado del PPA necesario para ser FIRR de 12% en el caso provisional cuya tasa de interés es de 6% y el plazo del reembolso es de 10 años, y el resultado del PPA viene a salir 105 US\$/MWh. La Tabla 41 indica el resultado del PPA necesario para ser FIRR de 12% en el caso provisional de que la tasa de interés sea 4% y el plazo del reembolso sea de 20 años (suponiendo los bonos del gobierno de los Estados Unidos de 1,73% por 20 años y el premio de riesgo de crédito 2%), y el resultado del PPA arroja 87 US\$/MWh. Los dos resultados superan 77 US\$/MWh del límite de precio base de biomasa y 60 US\$/MWh de la energía hidroeléctrica (que genera electricidad estable) en subasta de electricidad de RER organizado en 2016. Según estos resultados, es posible que el límite de precio base de electricidad geotérmica supere el límite de precio base de otros RER. Para el Perú donde no hay experiencia de desarrollo geotérmico, es importante que el gobierno peruano con la previsión por 3 o 4 años muestre el límite de precio base que logre rentabilidad.

Se estima que es difícil la cobertura financiera por parte de los bancos privados de los proyectos en la etapa inicial por las características particulares del desarrollo geotérmico, por las siguientes razones:

1. La calidad de vapor afecta grandemente a la rentabilidad del proyecto.
2. El crédito general del plazo de reembolso no está destinado a los proyectos del desarrollo geotérmico porque se necesita 20 a 30 años para mostrar la superioridad del proyecto

geotérmico.

- Las instalaciones actuales y el traspaso de concesionar la superiores garantías prendarias principales del proyecto, etc.

Por ello, se estima que en la realidad se debería tener en cuenta que es el traspaso de concesionar la superioridad del proyecto geotérmico a la superioridad del proyecto geotérmico según e

Tabla 40 Resultado de la estimación en el caso de utilizar finanzas privadas (financiamiento de proyectos)

< Precondiciones de utilización de inversión de la JICA en el extranjero >

- Los costos generados de proyecto cada fase se generan igualmente
- Tasa de interés provisional 6.00%
- Plazo de reembolso por 10 años, y no reembolsable por 5 años (por plazo no reembolsable, se genera pago de interés cada año)
- D:E=7:3 (se estima un préstamo al año 4)

Otro asunto

- La depreciación es 15 años en línea recta. La de pozo de producción añadido es provisionalmente 5 años.

< Los resultados de esta estimación >

Costo de proyecto	274 MUS\$	IRR de proyecto	8.4%
		IRR de patrimonio	12.0%
Capacidad	50 MW	Patrimonio de proyecto	30% 83.0 MUS\$
Factor de potencia	0.8	Pasivo de proyecto	70% 191.0 MUS\$
Hora	8760 h		
Generación	350.4 GWh/año	Plazo de reembolso	10 año
PPA	105 US\$/MWh	Tasa de interés provisional	6.00%
Costo variable de O&M	2 US\$/MWh		
Costo fijo de O&M	35 US\$/kW/año		

Tabla 41 Resultado de la estimación en el caso de utilizar finanzas privadas (finanzas corporativas)

< Precondiciones de utilización de inversión de la JICA en el extranjero >

- Los costos generados de proyecto cada fase se generan igualmente
- Tasa de interés provisional 4.00%
- Plazo de reembolso por 20 años, y no reembolsable por 5 años (por plazo no reembolsable, se genera pago de interés cada año)
- D:E=7:3 (se estima un préstamo al año 4)

Otro asunto

- La depreciación es 15 años en línea recta. La de pozo de producción añadido es provisionalmente 5 años.

< Los resultados de esta estimación >

Costo de proyecto	274 MUS\$	IRR de proyecto	6.8%
		IRR de patrimonio	12.0%
Capacidad	50 MW	Patrimonio de proyecto	30% 83.0 MUS\$
Factor de potencia	0.8	Pasivo de proyecto	70% 191.0 MUS\$
Hora	8760 h		
Generación	350.4 GWh/año	Plazo de reembolso	20 año
PPA	87 US\$/MWh	Tasa de interés provisional	4.00%
Costo variable de O&M	2 US\$/MWh		
Costo fijo de O&M	35 US\$/kW/año		

La Tabla 39 muestra 5 soluciones en base de la identificación y análisis de los problemas. Considerando que el gobierno del Perú aceptará y efectuará las soluciones, el equipo investigó los impactos a las inversiones privadas tomando en cuenta las entrevistas con los desarrolladores geotérmicos privados.

Para analizar los impactos a las inversiones privadas, el equipo dividió las 5 soluciones que se muestran en la Tabla 39 según las influencias directas y las influencia indirectas para el desarrollo geotérmico por el sector privado de acuerdo con las entrevista a los desarrolladores. El concepto de propuesta directa es que los desarrolladores directamente estiman y predicen las influencias a la rentabilidad del proyecto geotérmico. En la Tabla 42, “1. Realizar perforación de prueba”, “3. Publicar previamente el límite de precio base que adecuado para promover la generación de electricidad geotérmica”, “4. Compartir riesgos de los proyectos de generación de electricidad geotérmica por PPP como excepción” según correspondan. Por otro lado, el concepto de la propuesta indirecta se basa en la idea de que es necesario para los desarrolladores por plazo largo y mediano y no influencien directamente influencian en la toma de la inversión y se corresponde con. “2. Capacitar el instituto y personal que puedan manejar totalmente los proyectos de desarrollo geotérmico.” y “5. Mostrar los objetivos de políticas sobre la cantidad instalada de generación de electricidad geotérmica”. El equipo de JICA analizó los impactos directos e indirectos a las inversiones privadas. La Tabla 42 y la Tabla 43 muestran los resultados del análisis.

Tabla 42 Impactos a las inversiones privadas en el caso de que las soluciones sean realizadas por el gobierno del Perú (directo)

Acciones del Gobierno del Perú	Análisis del impacto según las acciones del gobierno del Perú (○: aceptable - : inaceptable)							
	Caso 0	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7
1. Realizar perforación de prueba	-	○	-	-	○	-	○	○
3. Publicar previamente el límite de precio base adecuado para promover la generación de electricidad geotérmica.	-	-	○	-	○	○	-	○
4. Compartir riesgos de los proyectos de generación de electricidad geotérmica por PPP como excepción	-	-	-	○	-	○	○	○
Posibilidad de desarrollo geotérmico por inversiones privadas	Situación actual en el Perú. La posibilidad de desarrollo por inversiones privadas es baja.	En caso de realizar alza de la tarifa de electricidad y suministro directo a las compañías mineras por precio adecuado, la empresa pública como Enersul por uso de GDF efectúa la perforación de prueba, y las empresas privadas promueven la construcción de centrales geotérmicas.	Las empresas públicas efectúan la perforación de prueba por uso de GDF, y las privadas promueven construcciones de centrales geotérmicas.	Después de que las empresas públicas efectúen la perforación de prueba por uso de inversión con tasa de interés baja como préstamo del Japón al precio base relativamente bajo, los proyectos conjuntos por empresas privadas promueven la construcción de centrales geotérmicas.	Utilizando GDF / CTF, las empresas privadas promueven el desarrollo geotérmico tomando riesgo de perforación de prueba por ellas mismas en áreas donde los costos de desarrollo son bajos.	Utilizando GDF / CTF, los proyectos conjuntos por empresas privadas promueven la construcción de centrales geotérmicas por préstamo de la JICA.	En caso de realizar alza de la tarifa de electricidad y suministro directo a las compañías mineras por precio adecuado, los proyectos conjuntos por empresas privadas promueven la construcción de centrales geotérmicas por la utilización del préstamo de la JICA y GDF/CTF.	Promueve inversiones privadas indirectas a largo plazo. (Justificación del plan de inversiones y desarrollo por empresas privadas.)
Impacto a las inversiones privadas	No hay	Moderado	Moderado	Relativamente grande	Grande	Grande	Grande	Muy grande

Fuente: Elaborado por JICA

Tabla 43 Impactos a las inversiones privadas en el caso de que las soluciones sean efectuadas por el gobierno del Perú (indirecto)

Acciones de Gobierno del Perú	Análisis del impacto según las acciones del gobierno del Perú (○: aceptable - : inaceptable)			
	Caso A	Caso B	Caso C	Caso D
2. Capacitar instituto y personal que puedan manejar totalmente los proyectos de desarrollo geotérmico.	-	○	-	○
5. Mostrar objetivos de políticas sobre la cantidad instalada de generación de electricidad geotérmica	-	-	○	○
Posibilidad de desarrollo geotérmico por inversiones privadas	La situación del Perú	Hay posibilidad de ser los factores para considerar las inversiones privadas		Se puede largar e indirectamente promover inversiones privadas. (El plan de inversión y desarrollo por desarrolladores privados será más convincente para las organizaciones internas y externas si existe un objetivo político y una organización de desarrollo.)
Impacto a las inversiones privadas	No hay	Pequeño		Moderado (El impacto a largo plazo es grande aunque impacto directo es pequeño)

Los desarrolladores geotérmicos hacen la determinación considerando la calidad del vapor desde la perforación de prueba si los proyectos de generación de electricidad geotérmica son factibles o no. Sin embargo, hasta ahora la perforación de prueba no se ha realizado en las áreas prometidas de desarrollo geotérmico del Perú. Por otra parte, los desarrolladores desean saber el precio de venta de electricidad. El Perú cuenta con el sistema de determinar el límite de precio base de generación de electricidad geotérmica a través de la subasta de RER. Por lo tanto, es posible promover las inversiones y el desarrollo de los desarrolladores para asegurar la rentabilidad de generación de electricidad geotérmica estimando el límite de precio base de generación de electricidad geotérmica y mostrarlo a los desarrolladores como una señal. El gobierno del Perú no ha mostrado el límite de precio base. Además compartir los riesgos por PPP es un sistema por el cual el gobierno del Perú o las empresas públicas invierten, hace posible que las privadas y el gobierno compartan los riesgos en la etapa inicial, y aumenta la posibilidad del uso de varios fondos. Pero el gobierno peruano nunca ha mostrado ningún programa para efectuar la participación conjunta de los riesgos a través de PPP en el desarrollo geotérmico.

A pesar de que el hecho de que los organismos y el personal que pueden dirigir totalmente los proyectos se desarrollan en Perú, y que la cantidad de electricidad geotérmica se presenta en los

objetivos de las políticas del gobierno peruano, no representa un apoyo a las inversiones privadas, se considera que el impacto a las inversiones privadas no será pequeño visto a largo plazo, porque sirve para convencer a las organizaciones internas y externas en relación a las inversiones de los desarrolladores privados.

Para promover las inversiones privadas para el desarrollo geotérmico, las acciones del gobierno del Perú, que tienen altos impactos en las inversiones, son “efectuar perforación de prueba”, “publicar previamente el límite de precio base adecuado”, y “compartir riesgos por PPP”. El “Compartir riesgos por PPP” es más significativo entre las tres acciones. El compartir riesgos por PPP fue una condición importante en el proyecto del Cerro Pabellón de Enel Green Power en Chile que procedió a la fase de construcción de la planta geotérmica. La participación del gobierno del Perú en el proyecto de PPP supone aumentar la posibilidad de ofrecer préstamo con interés bajo por un banco de desarrollo, un instituto de desarrollo y la de utilizar el esquema de mitigar riesgos para la perforación de prueba. Es deseable dar impactos positivos a las inversiones privadas al desarrollo geotérmico en el Perú.

El equipo investigó los procedimientos concretos para que las acciones de solución sean aprobadas e implementadas. La Tabla 44 muestra los resultados de la investigación para proponer los procedimientos concretos al gobierno del Perú hacía las soluciones. Sobre los tres factores que se prevén grandes impactos para promoverlos, la posibilidad de aceptar las propuestas por el gobierno del Perú no fue alta en noviembre 2016 porque la política de MEM no había cambiado.

Tabla 44 Requisitos de los procedimientos concretos al gobierno del Perú hacia las soluciones

Acciones del gobierno del Perú	Requisitos concretos
1. Conducir perforación de prueba	<p>En un área donde el desarrollador efectúa el estudio de superficie terrestre, las empresas públicas como Electric Perú y ENESRLU invierten en los proyectos prometidos y efectúan la perforación de prueba junto con los desarrolladores privados. Las empresas públicas buscan la posibilidad de la transferencia de técnica de perforación de prueba desde los desarrolladores privados (una razón de participar ENAP en Chile). Se utiliza GDF / CTF un esquema de mitigación de riesgo para la perforación de prueba.</p> <p>Sin embargo, según la entrevista con MEM, el gobierno del Perú tiene la intención de no participar en la perforación de prueba y actualmente el gobierno no acepta la solicitud.</p>
2. Capacitar el instituto y personal que puedan manejar totalmente los proyectos de desarrollo geotérmico.	<p>Capacitación de INGEMMET sobre el mejoramiento de la gestión técnica de desarrollo geotérmico y transferencia técnica. Las necesidades para la asistencia técnica en el desarrollo geotérmico por empresas japonesas son muy altas.</p>
3. Publicar previamente el límite de precio base adecuado para promover la generación de electricidad geotérmica.	<p>En la reunión entre MEM, OSINERGMIN y desarrolladores que efectúan estudio de exploración, se discute la publicación anticipada del límite de precio base y la cantidad de generación de electricidad. MEM y OSINERGMIN están planeando estimar el monto y publicar previamente el precio, considerando el progreso de desarrollo geotérmico en el Perú. No hay plan de incluir generación de electricidad geotérmica a la siguiente subasta en 2017. Pero puede esperarse efectos positivos para los desarrolladores si se publican previamente y los precios como referencia o el método de cálculo. Aunque el plazo de la subasta de generación de electricidad de RER es actualmente de 20 años, es posible modificar el plazo de solo la generación de electricidad geotérmica hasta 30 años.</p>
4. Compartir riesgos de proyectos de generación de electricidad geotérmica por PPP como excepcional	<p>Confirmar la aceptación de excepción de PPP a MEM sobre el primer proyecto de generación de electricidad geotérmica. Como un proyecto piloto de generación de electricidad de geotérmica, se reconsideran las áreas permitidas (zona de calientes del departamento de Tacna). También se estudia la selección de empresas públicas como candidatas, mejoramiento de rentabilidad del proyecto geotérmico utilizando el préstamo blando (préstamo de la JICA) de PPP, transferencia técnica del desarrollo geotérmico a empresas públicas, y los beneficios del desarrollo.</p> <p>Sin embargo, según la entrevista con MEM, hasta ahora la posibilidad de aceptación de esta solicitud no es alta porque el gobierno de Perú tiene la política de estar conforme a PPP para proyectos de generación de electricidad.</p>
5. Mostrar los objetivos de políticas sobre la cantidad instalada de generación de electricidad geotérmica	<p>A través de MINAM, poner objetivo de política de la cantidad instalada de generación de electricidad geotérmica como una solución para cumplir INDC. Como un método de cumplimiento INDC desde el punto de vista de intersección que maneja principalmente MINAM, no solo MEM sino también MINAM explican las necesidades de energía geotérmica.</p>

Fuente: Elaborado por JICA

La política de MEM es promover el desarrollo geotérmico en el Perú por solo la inversión privada y la política de MEM no ha cambiado aunque hubo varios estudios y propuestas de políticas. Los desarrolladores privados han emprendido el desarrollo geotérmico por otro enfoque aunque ellos

desean que el gobierno del Perú tome las debidas acciones para promover las inversiones.

La Tabla 45 muestra los resultados de las entrevistas sobre los desarrolladores privados sobre el desarrollo. Los desarrolladores consideran el suministro directo adecuado a la demanda de las compañías mineras (operación por 24 horas), mitigando los riesgos en la etapa inicial con el uso del esquema de GDF.

Tabla 45 Resultados de entrevistas a los desarrolladores privados sobre el desarrollo.

Acciones del gobierno del Perú	Aspectos de desarrolladores privados	
	Precondiciones para los desarrolladores privados	Acciones
1. Realizar perforación de prueba	La perforación de prueba no es efectuada por el gobierno del Perú	Las empresas privadas efectuarán la perforación de prueba utilizando GDF.
2. Capacitar un instituto y personal que puedan manejar totalmente los proyectos de desarrollo geotérmico.	El manejo del desarrollo geotérmico es realizado por empresas privadas.	Enfocan el desarrollo geotérmico y manejo por empresas privadas.
3. Publicar previamente el límite de precio base adecuado para promover la generación de electricidad geotérmica.	No se publica previamente el límite de precio base de generación de electricidad geotérmica como el límite es preparado en base de la situación del desarrollo.	Sin esperar la subasta de RER, suministrará directamente la electricidad a las compañías mineras alrededor del área de desarrollo geotérmico, construyendo líneas de transmisión privadas (Sin conectar al SEIN, consigue competencia de precio como puede suministrarla directamente sin pagar la tarifa de transmisión de SEIN). Para contratar PPA de largo plazo con las compañías mineras a condiciones favorables, las compañías invertirán a los proyectos mineros de desarrollo geotérmico.
4. Compartir riesgos de proyectos de generación de electricidad geotérmica por PPP como excepción	No se comparte riesgos de PPP como la política del gobierno no toma los riesgos en proyectos de electricidad.	Sin utilizar fondos concesionarios como préstamo de JICA, se utiliza el apoyo financiero para empresas privadas como GDF etc. Pero, las empresas japonesas invertirán en los proyectos de desarrollo geotérmico, considerando la combinación de préstamo de la JICA en el extranjero y CORE (inversión para proyectos de Energía Renovable y Eficiencia Energética RER para América Latina y el Caribe)
5. Mostrar los objetivos de las políticas sobre la cantidad instalada de generación de electricidad geotérmica	A largo plazo, la generación de electricidad geotérmica es indispensable para el Perú sin relación a cuantificación de los objetivos.	Los desarrolladores privados proponen la cantidad instalada necesaria de generación de electricidad geotérmica a largo plazo ya que las empresas extranjeras determinan teniendo en cuenta el potencial de desarrollo en el Perú y los objetivos de la política.

Fuente: Preparado por el equipo de la JICA

(3) Sugerencia de la JICA sobre la asistencia para el desarrollo geotérmico por empresas privadas del Perú

En la Sección (2), el equipo investigó la situación actual de los desarrolladores privados e hizo sugerencia al gobierno del Perú sobre las que debería tomar para solucionar los problemas. Según el resultado, las soluciones por la JICA para promover las inversiones al desarrollo en Perú se clasifican en dos aspectos como se muestran a continuación.

En el primer aspecto, en el caso de que el gobierno peruano acepte la propuesta de compartir los riesgos a través de la PPP, existe la posibilidad de utilizar un préstamo de yen proporcionado por JICA. La utilización de préstamos en condiciones concesionarias mejorará la rentabilidad de las centrales geotérmicas y ayudará a avanzar el desarrollo de estas centrales que están en gran necesidad de capital en la primera etapa del desarrollo. Sin embargo, el MEM en el gobierno peruano, que toma la decisión final de construir plantas de energía geotérmica usando PPP, no ha cambiado su opinión de que solo el sector privado promoverá el desarrollo de la planta geotérmica, a partir de noviembre de 2016. Por eso hay necesidad de verificar y monitorear las orientaciones políticas al mismo tiempo que proponen al MEM la promoción del desarrollo de la planta geotérmica a través de la inversión del sector privado.

En el segundo aspecto, para que el gobierno peruano no cambie el estado actual de las políticas en el desarrollo de la energía geotérmica, existe la necesidad de proveer los esquemas de financiamiento y el financiamiento de los cuales JICA es parte. Es necesario considerar lo que mejora ambiente para continuamente promocionar los proyectos del desarrollo principalmente a través de la inversión del sector privado.

Posteriormente, JICA propone un método específico para apoyar a JICA en estos dos puntos.

1) Apoyo financiero de préstamo de la JICA

JICA ha preparado varios esquemas que apoyan la viabilidad de las centrales geotérmicas. Se prevé que se utilizarán con el fin de aumentar la viabilidad de este desarrollo geotérmico, pero hay una necesidad de aclarar las condiciones de utilización. El esquema de préstamos en yen y sus condiciones para el desarrollo de plantas geotérmicas se listan en la Tabla 46.

Tabla 46 Esquema para mejorar factibilidad de proyecto de desarrollo geotérmico de la JICA

Asistencia de préstamo	Descripción de la esquema	Requisitos para proyectos de generación de electricidad del Perú.
Préstamo ordinario (incluido préstamo de ES)	<p>Notas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para los país subdesarrollado (condición normal), el periodo de reembolso es plazo largo (15-30 años), y tasa de interés bajo (aproximadamente 1.6%)</li> <li>• Prestar fondos necesarios como instalaciones, equipamientos, servicios, obras de ingeniería civil</li> <li>• El préstamo de ES consiste en prestar previamente fondos para los servicios de ingeniería necesaria en etapas de estudio y diseño.</li> </ul>	Para proyecto de desarrollo geotérmico, MEM aprueba la participación de empresas nacionales del Perú por PPP. MEF aprueba el uso de préstamo de la JICA para las empresas nacionales.
Préstamo de EBF	<p>Condiciones : Las empresas japonesas participan en la ejecución de los proyectos de infraestructura de PPP invertido por el gobierno y empresas nacionales</p> <p>Nota: Prestar fondos a SPC que dirige el proyecto para la parte de inversión local</p>	MEM aprueba la ejecución para participación de SPC de generación de electricidad geotérmica, y MEF aprueba utilización de préstamo de la JICA para SPC.
Préstamo de VGF	<p>Condiciones: Las empresas japonesas invierten en SPC</p> <p>Notas :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prestar al gobierno cuando el gobierno compense la rentabilidad de SPC para proyectos de infraestructura de PPP</li> <li>• Aplicarlo cuando los sectores financieros generales no prestan por problemas de riesgo del país.</li> </ul>	MEM aprueba la participación de SPC para la generación de electricidad geotérmica invertido por empresas japonesas, y MEF aprueba la utilización de préstamo de la JICA para compensar la rentabilidad de SPC.
Facilidad de mejoramiento del crédito contingente para el desarrollo de la infraestructura del PPP	<p>Nota: Prestar una cantidad al gobierno en un esquema que el gobierno paga cuando el pago de off-taker se estanca u off-taker incumple el contrato (defecto).</p>	Para el proyecto de desarrollo geotérmico, MEM aprueba la participación por PPP. MEF aprueba el uso de préstamo de la JICA por déficit de fondos o compensación de defecto

Fuente: Elaborado por JICA

Como se mencionó anteriormente, el MEM actualmente no tiene intención de participar en los proyectos de energía geotérmica a través de PPP. Por otro lado, el MEF que es responsable de aceptar el préstamo del Japón, ha profundizado su comprensión sobre la importancia de la energía geotérmica. A partir de las audiencias llevadas a cabo a través de las visitas al sitio, se ha determinado que, debido a la magnitud de los fondos necesarios para los proyectos de energía geotérmica, si el MEM llegara a aprobar un préstamo del Japón, el proyecto sería un tamaño apropiado para el uso de los fondos de Japón.

Además, el Sr. Pedro Pablo Kuczynski, nombrado el 28 de julio de 2016, está impulsando las

políticas para la promoción de la inversión en la infraestructura del Perú. Si el proyecto de la planta geotérmica se considera factible mejorando el ambiente del desarrollo, es posible comience un proyecto diferente de las formas del MEM.

## 2) Apoyo financiero a través de las inversiones de la JICA en el extranjero

En la situación actual en que el gobierno peruano, el MEM, en particular, propone la inversión en los proyectos de energía geotérmica a través de los fondos del sector privado, los desarrolladores del sector privado utilizan las facilidades de mitigación de riesgo y consideran el suministro directo de electricidad a las compañías mineras.

Si las empresas japonesas financian las centrales geotérmicas peruanas, los desarrolladores del sector privado pueden aprovechar las inversiones de JICA en el extranjero. Además, mediante la utilización de turbinas geotérmicas japonesas en la construcción de centrales eléctricas, existe la posibilidad de mejorar la inversión. La Tabla 47 muestra el resumen de la asistencia de inversiones de la JICA en el extranjero. La JICA tiene experiencia de inversión y préstamo para el sector privado. Las condiciones de contrato para la inversión y el préstamo difieren según proyecto.

Tabla 47 Resumen de la asistencia de inversiones de la JICA en el extranjero

Préstamo	- El monto es hasta el 70% de la inversión total. Si se reconoce como especialmente necesario, el límite máximo es de 80%. - Reembolsado en el plazo de 20 años (Máx. 25 años) con 5 años de suspensión (Max 10 años) -Se adopta el sistema de tipo de interés de fondo de préstamos fiscal como norma de interés y, teniendo en cuenta la credibilidad del prestatario, etc., se fija el interés de modo que el elemento de subvención (GE) que es la condición para el apoyo gubernamental del desarrollo incluido el periodo de subvención, sea de más del 25%
Inversión	Inversión directa para las empresas locales. La proporción de inversión tiene que ser menos del 25% y que no exceda el porcentaje del accionista mayor.

Fuente: La página web de la JICA

## 3) Mejoramiento de la rentabilidad del proyecto de desarrollo geotérmica a través del modelo de apoyo de la JICA

El equipo calculó la rentabilidad del proyecto por un préstamo de la JICA en el extranjero. Esto se hace necesario cuando se comparte los resultados de la rentabilidad de un proyecto con funcionarios del gobierno peruano basado en préstamos de la JICA y cuando se desarrolla un proyecto con financiamiento de la JICA.

El equipo realizó un cálculo que utiliza un modelo sobre el monto de inversión y el costo de O & M por fase de proyecto para centrales geotérmicas de 50 MW en el mundo. El cálculo detallado se muestra en el Anexo. También se determinó el límite de precio base de la subasta RER que proporcionaría viabilidad para las plantas de energía geotérmica.

El equipo calculó el PPA necesario para FIRR del 12%. Se supone que la duración del proyecto

es de 30 años. En el cálculo, se compararon tres fases: 1) la inversión de JICA en el extranjero (Tabla 48), 2) el préstamo de la JICA (Tabla 49) y 3) el préstamo y la subvención de GDF (Tabla 50).

Tabla 48 Resultado de estimación de FIRR en caso de no utilizar préstamo de la JICA

< Precondiciones por utilización de préstamo de la JICA >

- Los costos generados de proyecto cada fase se generan igualmente
- El tasa de interés de préstamo del Japón es el estándar de país subdesarrollado (tasa de interés fijo 1.7% + provisional 1% = 2.7%)
- Plazo de reembolso por 20 años, y no reembolsable por 7 años (por plazo no reembolsable, se genera pago de interés cada año)
- Perforación de prueba es provista por el préstamo de la JICA en fase 4 porque el uso es provisional.

Otro asunto

- La depreciación es 15 años en línea recta. La de pozo de producción añadido es provisionalmente 5 años.

< Los resultados de esta estimación >

Costo de proyecto	274 MUS\$	IRR de proyecto	4.9%
		IRR de patrimonio	12.0%
Capacidad	50 MW		
Factor de potencia	0.8	Patrimonio de proyecto	30% 81.7 MUS\$
Hora	8760 h	Pasivo de proyecto	70% 192.3 MUS\$
Generación	350.4 GWh/año		
PPA	71 US\$/MWh	Plazo de reembolso	25 año
Costo variable de O&M	2 US\$/MWh	Tasa de interés provisional	2.7%
Costo fijo de O&M	35 US\$/kW/año		

Fuente: Elaborado por JICA

Tabla 49 Resultado del cálculo de FIRR en caso de utilizar préstamo y subvención de GDF

< Precondiciones de utilización de GDF >

- Los costos generados de proyecto cada fase se generan igualmente
- Utilización de GDF es lo siguiente.
  - Utilizar GDF como subvención en fase 1
  - Utilizar GDF como fondos de mitigación de riesgo de 3 perforaciones de prueba en fase 3 (80% de reembolso en caso de éxito)
  - Utilizar GDF para 20 perforaciones de pozo en fase 4 en tasa de interés provisional 3.5%
  - Utilizar GDF para perforación de pozo de producción y construcción de central térmica en fase 5&6 en tasa de interés provisional 3.5%
- En caso de que 3 perforaciones de prueba fueron éxitos, se reembolsa 80% del costo en el próximo año (sin tasa de interés)

Otro asunto

- La depreciación es 15 años en línea recta. La de pozo de producción añadido es provisionalmente 5 años.

< Los resultados de esta estimación >

Costo de proyecto	274 MUS\$	IRR de proyecto	6.5%
		IRR de patrimonio	12.0%
Capacidad	50 MW		
Factor de potencia	0.8	Patrimonio de proyecto	36% 99.0 MUS\$
Hora	8760 h	Pasivo de proyecto	64% 175.0 MUS\$
Generación	350.4 GWh/año		
PPA	73 US\$/MWh	Plazo de reembolso	20 año
Costo variable de O&M	2 US\$/MWh	Tasa de interés provisional	3.5%
Costo fijo de O&M	35 US\$/kW/año		

Fuente: Elaborado por JICA

La Tabla 50 muestra el resumen de los cálculos. De acuerdo con las precondiciones, el uso de un préstamo de la JICA proporcionaría el PPA más bajo. Sin embargo, el valor de estimación grandemente varía dependiendo de las condiciones de finanzas porque GDF es utilizado con otro préstamo blando como bancos de desarrollo internacional.

Tabla 50 Resultados de estimación de PPA (borrador)

Esquema	PPA (FIRR 12%) [Cent/kWh]	Requisitos
Préstamo de la JICA	7,1	Establecimiento de una empresa de proyecto por PPP o empresas privadas conjunto a empresas públicas
GDF Loan & Grant	7,3	Tiene que ser el primer proyecto en el Perú

Fuente: Elaborado por JICA

Las plantas de energía geotérmica pueden sustituir las centrales eléctricas de gas natural como energía de base. En esta parte, se compara entre una planta de gas natural (400MW) y una planta de geotérmica (400MW) utilizando el préstamo de JICA. El límite de precio base de subasta RER fue 7,1 centavos / kWh por el esquema con FIRR de 12% utilizando los fondos de inversión de la JICA en el extranjero. Este es menor que el PPA de las centrales térmicas de gas natural que utiliza el precio de exportación promedio de GNL. Las diferencias entre el PPA de las centrales eléctricas geotérmicas y las centrales eléctricas de gas natural podrían resultar ahorro del gas natural, y también se podrían considerar que el consumo de gas natural, genera electricidad de alto precio, que habría sido exportado por la planta geotérmica.

La rentabilidad de generación de electricidad geotérmica en el Perú enfoca a la energía alternativa y el gas natural que podrían ser exportados en vez de ser consumidos. Es decir, esto conduciría al aumento de la riqueza para el Perú. La tasa de rentabilidad interna económica (EIRR) mediante la implementación de la energía geotérmica se puede calcular por la diferencia de costo en la Tabla 51 "2. Operación de las plantas de energía geotérmica utilizando el préstamo de JICA" y "3. La operación de centrales de gas natural". Cuando establece centrales geotérmicas de 400MW en el Perú, TIRE adicional será 8,6%.

Tabla 51 Resultado de cálculo de precio de PPA de generación de electricidad geotérmica y central térmica de gas natural que son FIRR 12%

Condiciones	1. Generación de electricidad geotérmica (un modelo sin finanzas)	2. Generación de electricidad geotérmica utilizando el préstamo de JICA	3. Generación de electricidad de gas natural (un modelo de ciclo combinado avanzado)*2
Cantidad instalada[MW]	400	400	400
Factor de energía	0,8	0,8	0,8
Horas de operación por año	8760	8760	8760
Cantidad de generación de electricidad [GWh/año]	2803,2	2803,2	2803,2
FIRR 30 años	12%	12%	12%
PPA [Cent/kWh]	13,5	7,1	10,9
Precio promedio de exportación de GNL del Perú [\$/MMBtu]*1	-	-	10,5
Costo de proyecto [M\$]	2192,0	2192,0	717,9
Costo de O&M fijado [M\$/ año]	5,6	5,6	9,2
Costo de O&M variable [M\$/ año]	14,0	14,0	6,1
Precondición de finanzas	-	Utilizar las condiciones en la Tabla 48 para la estimación. La capacidad de la planta es 400MW	-

\* 1: El promedio de precios de exportación de GNL pasado del Perú se ha extraído de los datos públicos OSINERGMIN usando los precios desde el inicio de las exportaciones de gas natural hasta los precios medios de exportación de agosto de 2016.

\* 2: Estimaciones Actualizadas del Costo de Capital para las Plantas Generadoras de Electricidad a Escala de Utilidad, utilizando los datos de producción del Ciclo Combinado Avanzado con tasas de producción del 53,1%. Esta estimación es un modelo sin finanzas.

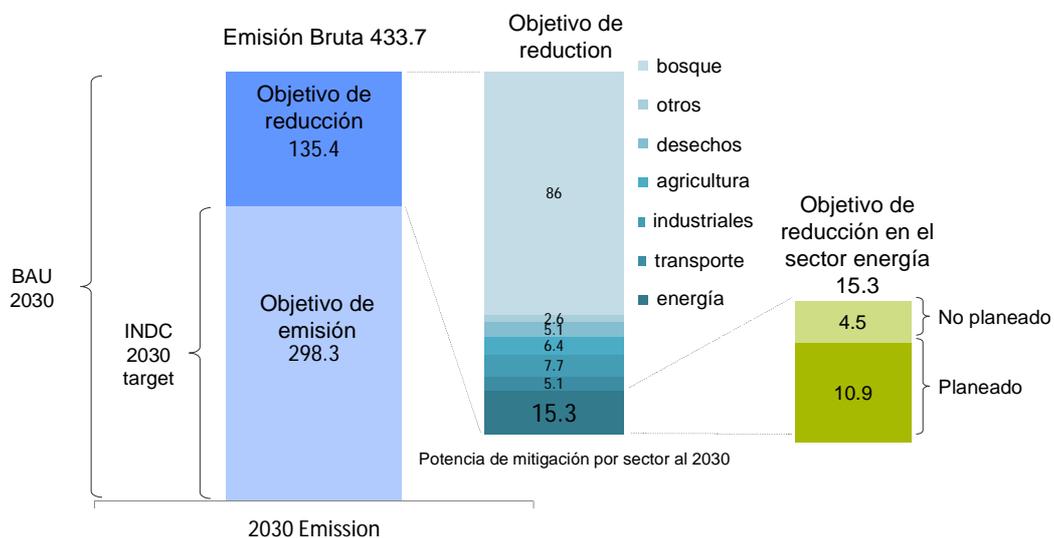
#### 4) Propuesta de Contribución Adicional del Apoyo de la JICA en el Desarrollo de Energía Geotérmica

La propuesta de las construcciones adicionales con el apoyo de la JICA produciría beneficios para el gobierno peruano así como también aportaría muchas ventajas en el desarrollo de la energía geotérmica.

Aquí la implementación de las centrales geotérmicas influenciaría a los objetivos de emisiones del Perú basados en el INDC del Perú en 2030. La Figura 37 se muestra el desglose de la estrategia de reducción de emisiones del INDC. El gobierno peruano ha puesto en marcha 25 estrategias de reducción de emisiones en el sector energético y está estimulando su ejecución.

El INDC del Perú fija el objetivo de emisiones en 2030 como 298,3 Mt-CO<sub>2</sub>. Se espera que las emisiones en 2030 sean de 433,7 Mt-CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, hay necesidad de disminuir 135,4 Mt-CO<sub>2</sub> al pasar a BAU en 2030. La disminución en el sector de la energía fija el objetivo con la segunda

mayor reducción de emisiones de 15,3 Mt-CO<sub>2</sub>. El gobierno peruano está considerando una estrategia de reducción de emisiones en el sector energético hacia 2030. Una estrategia de reducción de emisiones de 10,9 Mt-CO<sub>2</sub> de los 15,3 Mt-CO<sub>2</sub> está en marcha.



Fuente: La Contribución Nacional del Perú - INDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable, MINAM

Figura 37 Desglose de reducción de emisión de CO<sub>2</sub> de INDC

La Tabla 52 muestra las estrategias de reducción de emisiones previstas en el sector energético. En las políticas de reducción de emisiones actuales, no hay ningún plan para la construcción de plantas de energía geotérmica en el Perú.

Tabla 52 Políticas de mitigación planificadas por el sector de energía

Código	Nombre de Iniciativa	Mitigación [Mt-CO <sub>2</sub> ] en 2030
E1	Combinación de Energías Renovables	2.101
E2	Generación Distribuida con Paneles Solares	0.041
E3	Electrificación Rural con Paneles Solares	0.046
E4	Interconexión Eléctrica con Ecuador	0.057
E5	Reducción de Pérdidas en el SEIN	0.886
E6	Cogeneración en Refinerías	0.598
E7	Cogeneración en Industrias	0.079
E8	Cogeneración en Servicios Hospitalarios	0.713
E9	Calentadores Solares de Agua en Viviendas	0.028
E10	Reemplazo de Motores por Antigüedad	0.108
E11	Optimización de Motores (tecnología VSD)	0.049
E12	Optimización de Calderas (buenas prácticas)	0.187
E13	Reemplazo de Calderas por antigüedad	0.116
E14	Reemplazo de Lámparas Incandescentes en Viviendas	0.150
E15	Reemplazo de Lámparas Fluorescentes en Viviendas	0.133
E16	Reemplazo de Lámparas Fluorescentes en sector comercial	0.081
E17	Reemplazo de Luminarias en Alumbrado Público	0.188
E18	Clasificación en eficiencia Energética en equipos y electrodomésticos	0.135
E19	Sistema de Gestión Integral de Energía en Industrias y Servicios	2.324
E20	Reducción de uso de combustibles en Iquitos	0.283
E21	Cocinas Mejoradas	1.120
E22	Reemplazo de fluorescente al servicio público	0.034
E23	Redes Eléctricas inteligentes (Smart Grid)	0.057
E24	Eficiencia en nuevas edificaciones (NAMA)	0.619
E25	Eficiencia Energética en Ladrilleras (NAMA)	0.730
<b>Total</b>		<b>10.900</b>

Fuente: La Contribución Nacional del Perú - INDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable, MINAM

La Tabla 53 muestra el impacto que tendría la reducción de emisiones del sector energético cuando las centrales geotérmicas se construyan para 2030.

Cuando se construya una planta de 400 MW, el impacto de emisiones en el nivel de emisiones BAU al país del Perú en 2030 será de 1,4%. El impacto en el nivel de emisiones de 2030 BAU para el sector energético será de 12,0%.

El INDC es un proyecto de tratado en la COP y se muestra las políticas del gobierno peruano en la implementación en el tratado global. Las centrales geotérmicas tienen un papel importante en el logro de este objetivo numérico. El MEM, responsable del avance del sector de la energía, utiliza una fuerte herramienta para impulsar la reducción de emisiones y la importancia de utilizar la energía geotérmica.

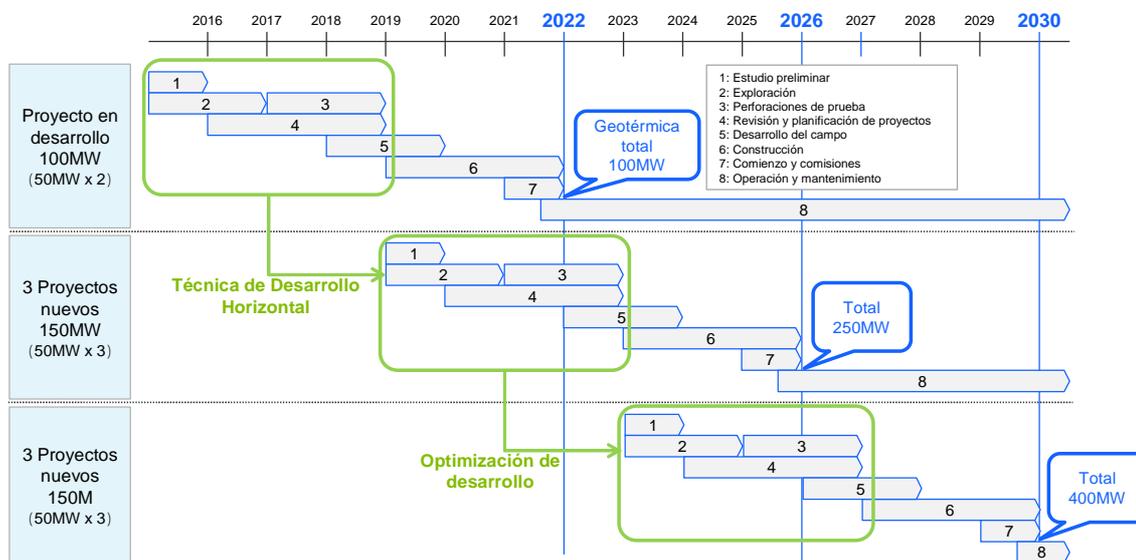
Tabla 53 Impactos de reducción de emisión de CO2 en el sector de energía para 2030

Generación de electricidad geotérmica [MW]	La cantidad de generación de electricidad [MWh]	La cantidad de reducción de emisión [MtCO <sub>2</sub> /año]	Efecto de reducción a BAU en 2030	Efecto de reducción a BAU en 2030 del sector de energía	Objetivo de reducción en el sector de energía hasta 2030 (no planeado)
50	350.400	0,2	0,2%	1,5%	5,2%
400	2.803.200	1,8	1,4%	12,0%	41,3%
700	4.905.600	3,2	2,5%	21,1%	72,2%

Fuente: Elaborado por JICA

Con el fin de implementar una planta de energía geotérmica de 400MW para el año 2030, los proyectos actuales de energía geotérmica por exploración deben avanzarse rápidamente. Al completar la construcción de dos plantas de energía, debe utilizar la experiencia obtenida y avanzar varios proyectos de forma rápida y eficaz.

El esquema de desarrollo propuesto para tener una planta de 400MW que comienza en 2030 se muestra en la Figura 38. Por el modelo de cronograma, es necesario acelerar el desarrollo en lugar de tomar tiempo para desarrollar la planta.



Fuente: Banco Mundial modificado por el equipo de la JICA

Figura 38 Cronograma de generación de energía geotérmica para contribuir al INDC

5) Apoyo para el desarrollo de proyectos específicos a través de la JICA

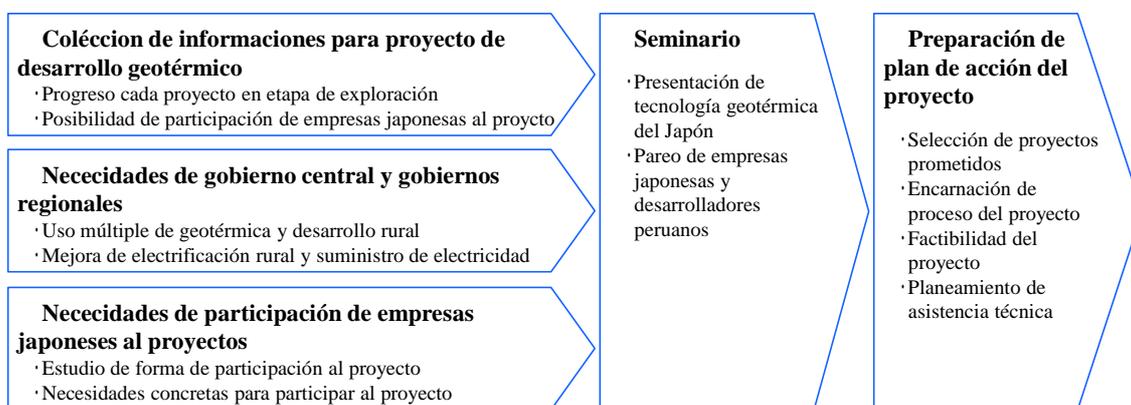
JICA realizó una investigación del plan maestro de energía geotérmica en Perú en 2012, investigó áreas potencialmente viables para la construcción de plantas de energía geotérmica y propuso el avance del desarrollo de plantas de energía geotérmica en el Perú. El gobierno del Perú y la JICA

prosiguen las discusiones. El estudio de la JICA es bien conocido entre el gobierno del Perú y los desarrolladores de plantas geotérmicas del sector privado en Perú.

Por otro lado, existe una alta probabilidad de que el gobierno peruano continúe con su política de avanzar el desarrollo de las centrales geotérmicas solamente con la inversión del sector privado. Ésta es una de las razones principales de que el gobierno no tenga confianza de la “geotérmica”, la que es un recurso inagotable y conduce al aumento de la riqueza peruana en unos años..

JICA apoyará activamente la inversión del sector privado en el desarrollo de las centrales geotérmicas del Perú. Con el fin de avanzar la capacitación y el desarrollo, debe promover las actividades que impulsen la participación de las empresas japonesas. Luego, las políticas específicas en las que las empresas japonesas puedan participar y crear planes, conducirían a la cooperación en la asistencia técnica.

La Figura 39 muestra la forma en que JICA apoyaría la inversión extranjera.



Fuente: Elaborado por JICA

Figura 39 Asistencia para la preparación de proyectos de inversiones privadas para el desarrollo geotérmico en el Perú

## Referencia

- Estudio de verificación de la situación actual del desarrollo de la energía geotérmica en África, 2010, JICA  
(アフリカ地熱開発に係る現状確認調査, 2010, JICA)
- Comisión de recopilación y mantenimiento de información actual de tecnología de desarrollo de energía geotérmica Año Fiscal 2013, Ministerio de Medio Ambiente  
(平成 25 年度地熱開発技術の最新情報の収集・整備委託業務, 環境省)
- Manual de energía geotérmica, 2014, La sociedad de investigación geotérmica de Japón  
(地熱エネルギーハンドブック 日本地熱学会 2014 年)
- La previsión a largo plazo de oferta / demanda de energía en el Japón, Julio 2015, METI  
(長期エネルギー需給見通し 平成 27 年 7 月 経済産業省)
- Estudios de sistemas de difusión y fomento de países extranjeros para el fomento del desarrollo de la energía geotérmica Año Fiscal 2013, JOGMEC  
(平成 25 年度 地熱発電開発促進に向けた 諸外国の普及促進制度等調査業務, JOGMEC)
- Informe de la investigación de demanda y oferta de petróleo internacional (La investigación de tendencias de las políticas energéticas extranjeras), 2014, Agencia de Recursos Naturales y Energía, METI  
(平成 26 年度国際石油需給体制等調査報告書 ( 諸外国のエネルギー政策動向等に関する調査 ) 資源エネルギー庁)
- Plan Maestro para el Desarrollo de la Energía Geotérmica en el Perú, 2012, JICA  
(ペルー国地熱発電開発マスタープラン調査 2012 年 JICA)
- Anuario Ejecutivo de Electricidad 2014, Ministerio de Energía y Minas
- Evaluación del marco regulatorio, institucional y económico para el desarrollo geotérmico (Perú) 2014, Temas actuales Geotérmica – America Latina, KfW, 2015  
(Assessment of the Regulatory, Institutional and Economic Framework for Geothermal Development (Peru) 2014, Current Topics-Geothermal Latin America, KfW, 2015)
- Desafíos para el desarrollo de la Geotermia, 2015, Enerl Green Power
- Evoluciones en el Subsector Eléctrico, Parte 10, 2014, Ministerio de Energía y Minas
- Revisión de País sobre Geotérmica para el Perú, 2010-2014, Congreso Mundial de Geotermia 2015, pp.19-25, Abril 2015  
(Geothermal Country Update for Peru, 2010-2014, Proceedings World Geothermal Congress 2015, pp.19-25, April 2015)
- Programa de Financiamiento Geotérmico y Transferencia de Riesgos, IDB HP  
(Geothermal Financing and Risk Transfer Program, IDB HP)
- Manual Geotérmico: Planificación y Financiamiento Generación de Energía, Informe Técnico ESMAP 002/12, Banco Mundial  
(Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation, ESMAP technical report 002/12, World Bank)
- Empleos ecológicos a través de la energía geotérmica, 2010, GEA

(Green Jobs through Geothermal Energy, 2010, GEA)

- Informe COES/DP-01-2014 “Propuesta Definitiva de Actualización del Plan de Transmisión 2015 - 2024”
- Contribución Nacionalmente Determinada (INDC) de la República del Perú, Septiembre de 2015  
(Intended Nationally Determined Contribution (INDC) From the Republic Of Peru, September, 2015)
- Taller de IRENA sobre Financiamiento del Desarrollo Geotérmico en los Andes, KfW, 22-23, 9, 2015  
(IRENA Workshop on Financing Geothermal Development in the Andes, KfW, 22-23, 9, 2015)
- La Contribución Nacional del Perú - iNDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable, MINAM Estimaciones actualizadas de los costos de capital para plantas generadoras de electricidad a escala industrial, EIA
- Costo nivelado y costo evitado nivelado de los recursos de nueva generación en la Perspectiva Energética Anual 2015  
(Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2015)
- Noticias - Energía geotérmica generada por calor para Latinoamérica, 2014  
(News-Geothermal heat-generated electricity for Latin America, 2014)
- Panorama general del mecanismo de mitigación de riesgos / instrumentos de financiación existentes para el desarrollo geotérmico, 2014  
(Overview on existing risk mitigation mechanism/financing instruments for geothermal Development, 2014)
- Evaluación de Preparación Renovables del Perú 2014, IRENA  
(Peru Renewables Readiness Assessment 2014, IRENA)
- Mercado de Electricidad Peruano y la promoción de energías renovables, Osinergmin  
(Peruvian Electricity Market and the renewable energy promotion, Osinergmin)
- Financiamiento Privado del Desarrollo Geotérmico (GGA Reunión de partes interesadas) 2015 IFC  
(Private Financing Of Geothermal Development (GGA Stakeholders Meeting) 2015 IFC)
- Propuesta de Política Energetica de Estado Peru 2010-2040
- Situación de la Energía Geotérmica en el Perú, 2014
- Éxito de los pozos geotérmicos: un estudio global, IFC  
(Success of Geothermal Wells: A global study, IFC)

## Anexo

- (1) Seminario programa
- (2) El documento del seminario de Deloitte Touch Tohmatsu
- (3) Evidencia de distribución de costo de O&M y cantidad de inversión para un modelo de desarrollo geotérmico

(1) Seminario programa

## Seminario Programa

Seminario de Título	Hacia la promoción del desarrollo geotérmico del Perú	
Propósito	Este seminario comparte la situación actual del desarrollo de la energía geotérmica, y le proporciona una propuesta para la promoción de la energía geotérmica, sobre la base de los resultados del estudio de factibilidad, que son importantes a fin de desarrollar la energía geotérmica a través de las inversiones privadas.	
Fecha	Miércoles 26 de octubre	
Agenda	08:00 - 09:00	Recepción
	09:00 - 09:05	1) Palabras de apertura: Oficina de JICA en el Perú, Representante Residente
	09:05 - 09:15	2) Palabras de apertura: MEM, por Viceministro del Ministerio de Energía y Minas
	09:15 - 09:35	3) Presentación 1: "SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA GEOTERMIA EN EL PERÚ" por Alcides Claros Pacheco, MEM
	09:35 - 09:55	4) Presentación 2: Proinversión "Investment opportunities in energy sector under the PPP scheme" por Lisbeth Loja
	09:55 - 10:30	5) Presentación 3: "Descripción general de la propuesta del equipo de JICA" por Masatoshi Nishimoto, Deloitte Touch Tohmatsu
	10:30 - 10:40	Sesión Q & A
	10:40 - 11:00	Descanso
	11:00 - 11:20	6) Presentación 4: "ENERGÍA GEOTÉRMICA: alternativa de energía renovable, limpia y con visión a futuro" por Vicentina Cruz Pauccara, INGEMMET
	11:20 - 11:40	7) Presentación 5: "Modelos para el Desarrollo Geotérmico y la planta de Cerro Pabellón", por Sandro Bruni, Enel Green Power
	11:40 - 12:00	8) Presentación 6: "PERÚ Generación de energía usando los recursos geotérmicos Inversión privada: oportunidades, avances y retos", por Carlos Niño Neira Ramos, Energy Development Corporation
	12:00 - 12:10	Sesión Q & A
	12:10 - 12:15	9) Comentario final: Oficina de JICA en el Perú, Jefa de Operaciones
12:15 - 14:00	Almuerzo buffet para invitados	

(2) El documento del seminario de Deloitte Touch Tohmatsu

**Deloitte.**  
デロイトトーマツ

**トーマツ.**



**Descripción general de la propuesta del equipo de JICA**  
"Propuesta sobre el esquema de promoción de energía geotérmica mediante inversión privada"  
**Masatoshi Nishimoto**, Director, Risk Advisory  
Deloitte Touch Tohmatsu LLC  
October 26, 2016

### Tabla de contenidos

Sobre Deloitte	3
1. ¿Cuál es el problema sobre el mecanismo actual?	5
2. ¿Por qué se sugiere la promoción de la energía geotérmica?	6
3. ¿Qué efectos se pueden esperar cuando se instale?	9
4. ¿Dónde poner atención?	12
5. La introducción del esquema de JICA	16
6. La generación de energía geotérmica - ¿Por qué "ahora"?	21
7. Creación de capacidad sostenible para retener "persona clave"	23
8. Claves para el éxito de la promoción de la energía geotérmica	26

2

Notas: Este material se base en vista privada del hablante, y no un punto de vista oficial de Deloitte Touche Tohmatsu.

## Sobre Deloitte Global

La presencia global es una de las principales fortalezas que tiene Deloitte que la diferencia de sus competidores: Amplia red internacional con más de 202,000 empleados en 154 países.



3

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## Sobre Deloitte Infrastructure y Capital Project

Habilidades y campos de experiencia en **Financiamiento de Infraestructura & APP**

Deloitte tiene una amplia experiencia en todos los aspectos claves de la estructuración de un proceso de APP, incluyendo experiencia en el sector privado, dándonos a nosotros la mejor visión de lo que es factible.

### Habilidades y áreas de experiencia en APP



4

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 1. ¿Cuál es el problema sobre el mecanismo actual?

Si la situación actual continua por otra década, el dramático aumento de emisión de CO<sub>2</sub>, el empeoramiento del balance energético, y la restricción del acceso a la red pueden convertirse en un riesgo. El modelo de promoción geotérmico puede reducir estas preocupaciones.

	Mecanismo actual	Modelo de promoción geotérmica
Planta de energía de Gas Natural	gran aumento ↑	aumento ↑
Planta de energía por la otra RER	gran aumento ↑	gran aumento ↑
Planta de energía de geotérmica	-	aumento ↑
Emisión de CO <sub>2</sub>	Aumento de energía a gas natural generará emisión de CO <sub>2</sub> .	Generación de energía geotérmica contribuirá a la mitigación de emisión de CO <sub>2</sub>
Balance de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gas natural es consumido por la generación de energía térmica</li> <li>Generación de energía hidroeléctrica como una carga de base puede ser vulnerable por el cambio climático.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gas natural se puede exportar y ganar dinero</li> <li>Recurso de energía de carga base se incrementará</li> </ul>
Restricción al acceso a la red	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generación de energía RER necesita la generación térmica auxiliar.</li> <li>Si generación de energía RER debería aumentar, la restricción de acceso a la red y / o almacenamiento de energía serían necesarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suministro estable de energía geotérmica trae</li> <li>- ninguna generación térmica auxiliar</li> <li>- no se almacenen ni restricción.</li> </ul>

5

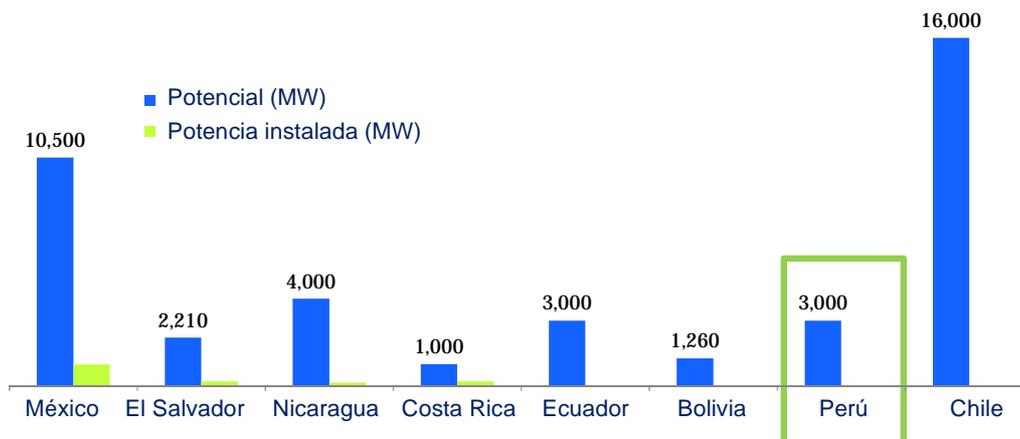
© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 2. ¿Por qué se sugiere la promoción de la energía geotérmica?

### 2.1 Fuente de potencia de energía geotérmica en Perú

En Perú hay una capacidad potencial de 3,000 MW.

No existen plantas geotérmicas en Sudamérica. En cambio, hay plantas en Centroamérica que están en fase de desarrollo.



Fuente: 2016 Annual U.S. & Global Geothermal Power Production Report, Geothermal Energy Association  
Geothermal Energy: International Market Update, Geothermal Energy Association

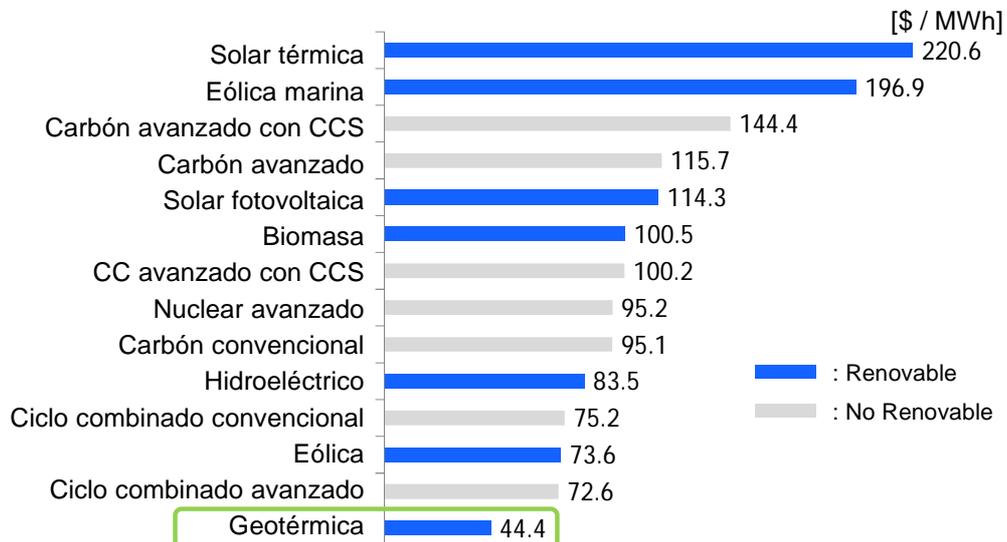
6

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 2. ¿Por qué se sugiere la promoción de la energía geotérmica?

### 2.2 Energía geotérmica tiene el más bajo LCOE

Geotérmica es la fuente de energía de mayor costo efectivo porque la vida útil de la planta es de 30 años



Fuente: Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2015 ([https://www.eia.gov/forecasts/aeo/electricity\\_generation.cfm](https://www.eia.gov/forecasts/aeo/electricity_generation.cfm))

7

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 2. ¿Por qué se sugiere la promoción de la energía geotérmica?

### 2.3 Áreas de mucha altitud o donde cae nieve pesada pueden ser gestionadas por fabricantes japoneses

Fabricantes japoneses tienen experiencias de construcción en zonas de nieve pesada o mucha altitud.

Grúa trabajando sólo 10 metros de alto en la foto de la derecha.

Tecnología de Japón hace posible trabajar una sala de turbinas con baja altura en la zona de nieve pesada Iceland Hellisheidi.



Planta geotérmica de Sumikawa en Tohoku, Japón. Altitud de 1,062m con climas fríos y nieves pesadas.

Fuente: Mitsubishi Hitachi Power Systems (MHPS) material.

8

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

### 3. ¿Qué efectos se pueden esperar cuando se instale?

#### 3.1 Beneficios de sustituir el gas natural por energía geotérmica

Si el precio promedio de exportación de GNL fuera aplicado en el cálculo de la PPA, la tasa de PPA de gas natural puede ser casi 10.9 Cent / kWh para llegar a FIRR = 12%.

En el largo plazo, la energía geotérmica debería desarrollarse y se puede exportar el excedente de gas natural.

Comparación de modelos en base de precio de exportación de GNL

Item	Generación de energía geotérmica financiado por Instituciones multilaterales	Generación de energía de gas natural (Caso de ciclo combinado avanzado)
Generación de energía [GWh/año]	2803.2	
FIRR 30 años	12%	
PPA [Cent/kWh]	<b>8.6</b>	<b>10.9</b>
Precio de exportación de GNL en Perú [\$/MMBtu]	-	<b>10.5</b>
Costo del Proyecto [M\$]	2192.0	717.9
Costo de O&M [M\$/año]	19.6	15.3

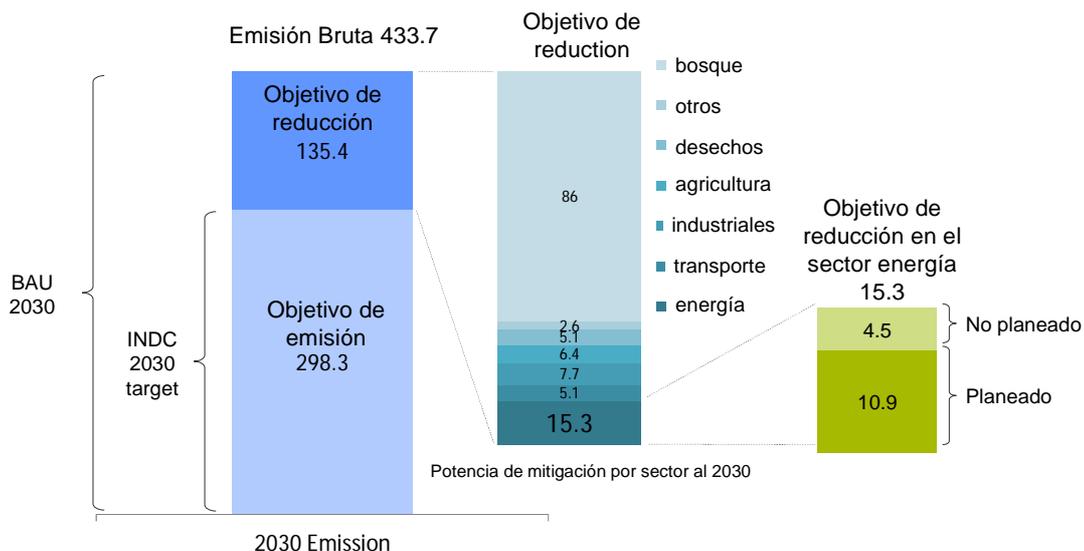
9

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

### 3. ¿Qué efectos se pueden esperar cuando se instale?

#### 3.2 Objetivo en el sector de energía para INDC

El Gobierno del Perú se ha puesto el objetivo de reducción de CO2 del 30% sobre BAU en base de INDC (Intended Nationally Determined contributions). Es el segundo objetivo de reducción mas grande.



Fuente: La Contribución Nacional del Perú - INDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable, MINAM

10

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

### 3. ¿Qué efectos se pueden esperar cuando se instale? 3.3 Impacto de generación geotérmica en INDC

El desarrollo de 400 MW tiene un gran impacto en el sector de energía de Perú

Capacidad de energía geotérmica [MW]	Generación de energía al año [GWh]	Reducción de emisión [MtCO <sub>2</sub> /año]	Efecto de reducción comparado con emisión de BAU en 2030	Efecto de reducción comparado con emisión de BAU entre sectores de energía	Contribución en la parte no planificado de reducción de CO <sub>2</sub> en sector de energía en 2030
400	2,803	1.8	1.4%	12.0%	41.3%

Fuente: La Contribución Nacional del Perú - INDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable, MINAM

11

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

### 4. ¿Dónde poner atención?

#### 4.1 Medidas efectivas y puntos a tener en cuenta para la aplicación de la explotación geotérmica

[Medidas efectivas y practicas]

1. Claro cronograma para la implementación

6. Gestión de riesgos sostenibles para riesgos ambientales durante la operación

2. Zonificación clara del área de desarrollo

7. Formación de consenso con población

3. Proceso explícito

8. Utilizaciones directas y multi-pasos de la energía geotérmica

4. Mitigación del riesgo inicial de exploración de recursos

9. Diseño de la base de datos de exploración

5. Gestión del riesgo por desarrollo de paso a paso antes de la operación

10. Incentivo a la comunidad local que pueden ser mérito político

[Puntos a tener en cuenta]

1. Frecuente cambio de políticas

2. Diseño institucional teniendo en cuenta las características de recursos geotérmicos

Fuente: JOGMEC 2013 business briefing :material prepared by Deloitte

12

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

#### 4.1.1 Utilización directa del calor en Japón

En algunas regiones en Hokkaido, Japón, se producen tomates y pepinos utilizando las aguas termales después de la generación eléctrica.

Se suministran aguas termales a los invernaderos de manera gratuita. Así, se producen tomates y pepinos todo el año.



Central geotérmica Mori



Invernaderos con uso de calor residual



Interior de los invernaderos

Fuente: "Estado actual de desarrollo geotérmico" [http://nka.nel.jp/pressreport/pdf/nkare\\_sis29\\_1\\_122112-1.pdf](http://nka.nel.jp/pressreport/pdf/nkare_sis29_1_122112-1.pdf)

13

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

#### 4.1.2 Suministro de electricidad y calor en Islandia

Las aguas termales que no se usan para la generación eléctrica se utilizan para spas al aire libre, la producción de cosméticos y la calefacción de comunidades.



Central geotérmica de Svartsengi



Al lado de la central geotérmica de Svartsengi, hay un spa al aire libre que es el más grande del mundo. Cada año visitan el lugar 400.000 turistas, un número mayor que la población de Islandia. Se producen y venden cosméticos utilizando el lodo de las aguas termales, mismas que contienen silicio.



Productos cosméticos

"Estado actual de desarrollo geotérmico" [http://nka.nel.jp/pressreport/pdf/nkare\\_sis29\\_1\\_122112-1.pdf](http://nka.nel.jp/pressreport/pdf/nkare_sis29_1_122112-1.pdf)

14

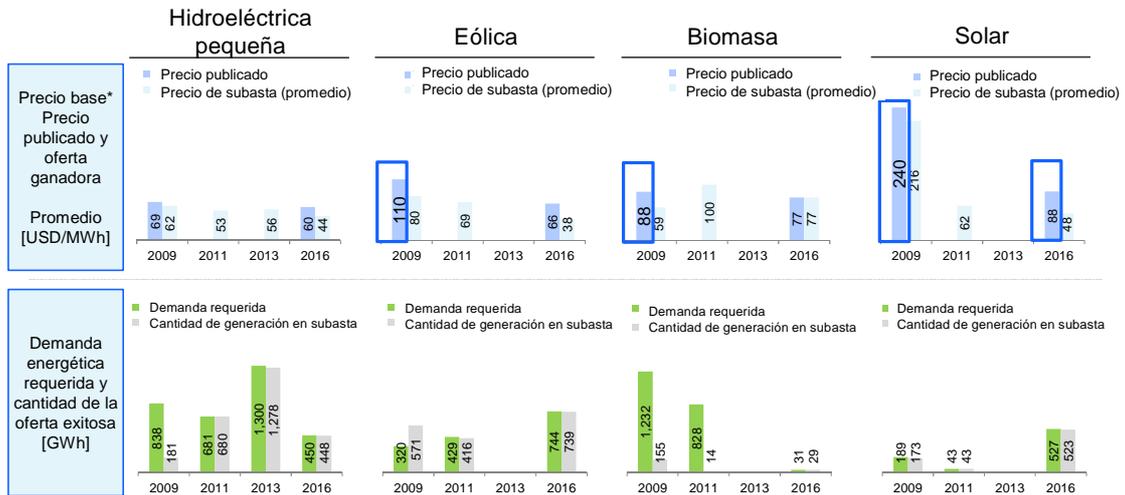
© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 4. ¿ Dónde poner atención?

### 4.2 Precio mínimo de licitación para el desarrollo geotérmico

Desarrollo de la energía geotérmica toma más tiempo de preparación entre los recursos energéticos renovables.

Precio mínimo se debe ajustar porque el capex es alto.



Fuente: Geothermal energy in Peru, Nairobi, June 2015, MEM (<http://www.irena.org/EventDocs/7.%20Peru.pdf>)  
Osinermin HP (<http://www2.osinermin.gob.pe/EnergiasRenovables/EnergiasRenovables.html>)

15

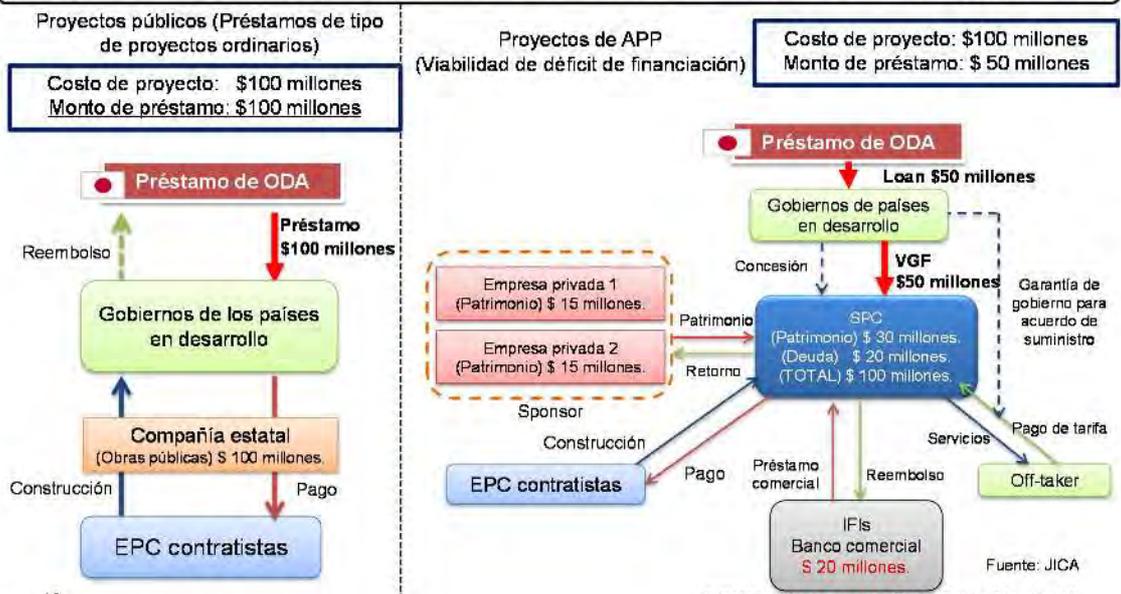
© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 5. La introducción del esquema de JICA

### 5.1 VGF (Viabilidad de déficit de financiación)

Viabilidad de déficit de financiación estará disponible sujeta a que el Gobierno haga una financiación complementaria a SPC

Un hipotético caso de estudio de comparar el costo total de financiación con un préstamo ordinario de ODA y con EBF



16

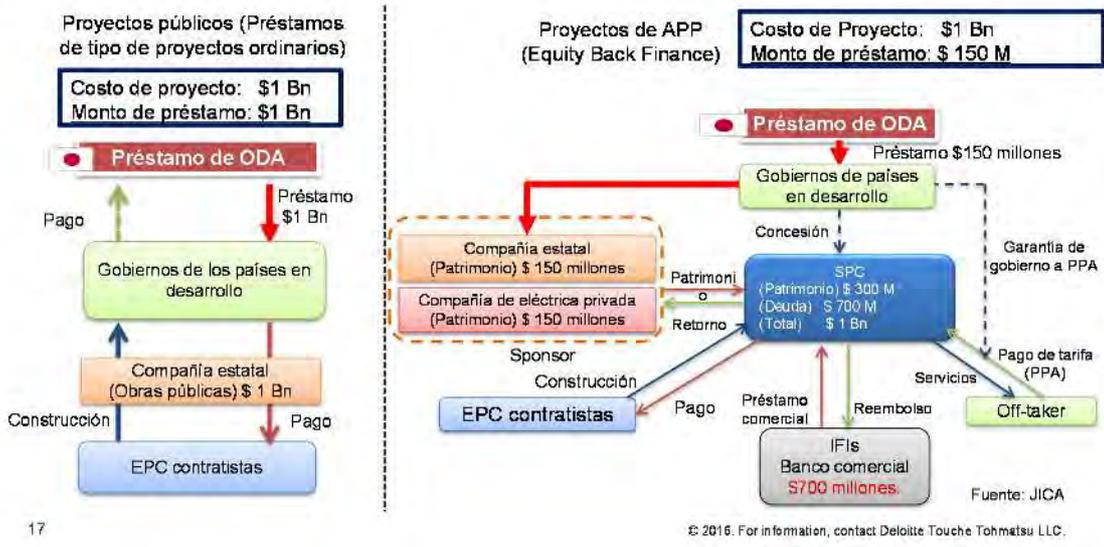
© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 5. La introducción del esquema de JICA

### 5.2 EBF (Equity Back Finance)

Fondos del préstamo en yenes se utilizarán como una contribución de capital del Gobierno para los proyectos de infraestructura de la APP.

Un hipotético caso de estudio de comparar el costo total de financiación con un préstamo ordinario de ODA y con EBF



17

## 5. La introducción del esquema de JICA

### 5.3 Contingent Credit Enhancement Facility para el desarrollo de infraestructura APP (CCEF-APP)

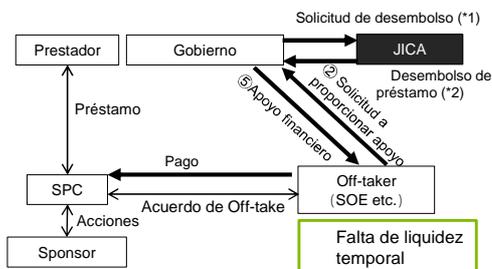
CCEF-APP puede ser una difícil herramienta estratégica en un desastre contingente

#### (1) Caso 1:

En respuesta a peticiones de off-taker para proporcionar apoyo financiero a corto plazo

(Causa asumida)

El off-taker enfrenta a una crisis de liquidez en dólares debido a la súbita depreciación de la moneda local y es improbable hacer un pago a SPC

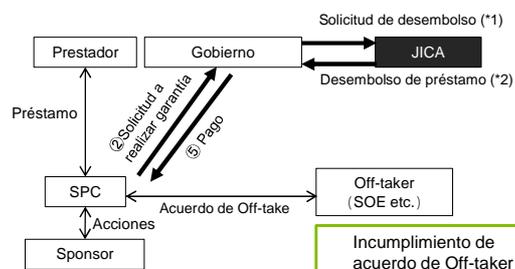


#### (2) Caso 2:

En respuesta a peticiones de la empresa de proyecto a realizar garantía

(Causa asumida)

El SPC no recibe pago desde el off-taker hasta la fecha de vencimiento por su incapacidad para realizar el acuerdo del off-taker.



(\* 1) Al recibir la solicitud de desembolso desde el gobierno, JICA revisará elegibilidad de la solicitud.

(\* 2) La cantidad a desembolsar será parcial (por ejemplo 95%) de la cantidad solicitada.

18

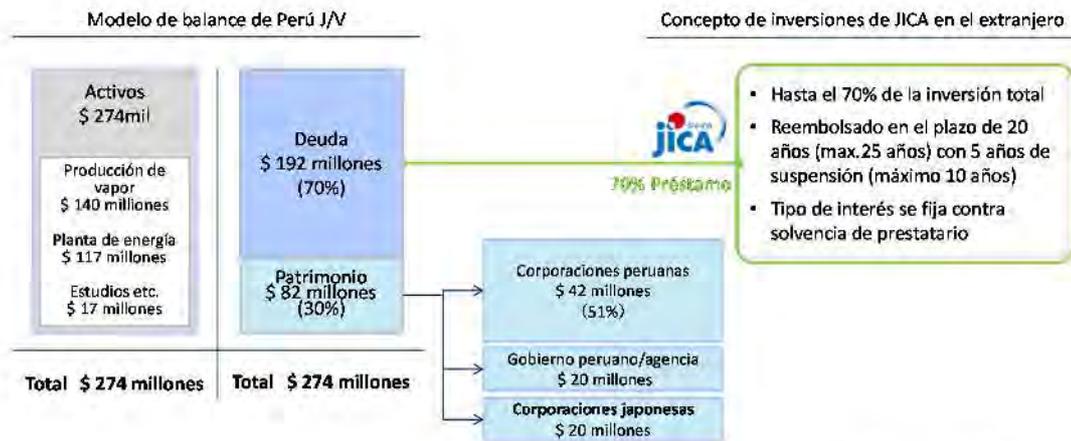
Fuente: JICA

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 5. La introducción del esquema de JICA

### 5.4 Promoción de energía geotérmica por inversiones de JICA en el extranjero

Las inversiones privadas japonesas pueden mostrar el apeliito de existir de un buen jugador local y la participación del Gobierno en el Proyecto



Fuente de concepto: JICA

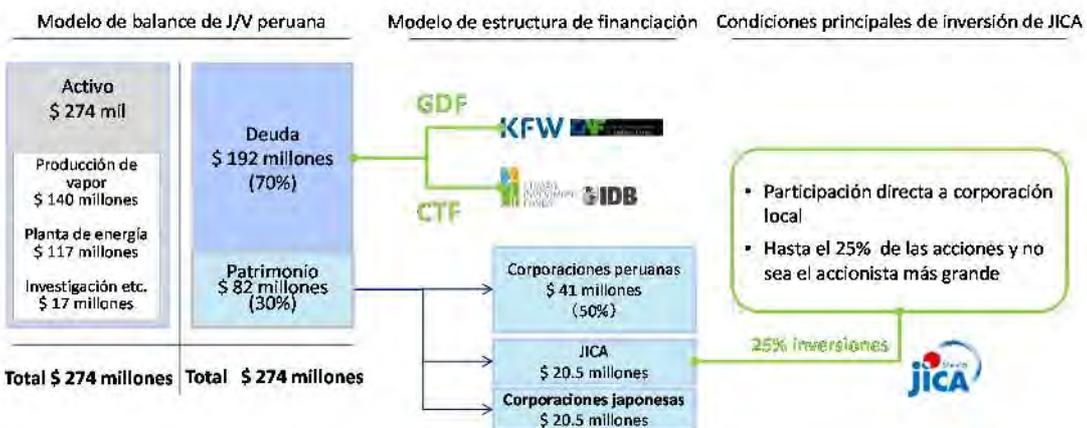
19

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 5. La introducción del esquema de JICA

### 5.5 Inversiones de JICA en el extranjero disponibles para la participación accionaria.

Las Inversiones de JICA en el extranjero pueden estar disponible para la participación accionaria de las Compañías peruanas en los que una Corporación japonesa participa.



Fuente de concepto: JICA

20

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 6. La generación de energía geotérmica - ¿Por qué “ahora”?

### 6.1 Políticas de mitigación planificadas por el sector de energía

Sector de energía desarrolla 25 políticas para la mitigación de emisiones.

La promoción de energía geotérmica todavía no está incluida

Código	Nombre de Iniciativa	Mitigación [Mt-CO2] en 2030
E1	Combinación de Energías Renovables	2.101
E2	Generación Distribuida con Paneles Solares	0.041
E3	Electrificación Rural con Paneles Solares	0.046
E4	Interconexión Eléctrica con Ecuador	0.057
E5	Reducción de Pérdidas en el SEIN	0.886
E6	Cogeneración en Refinerías	0.598
E7	Cogeneración en Industrias	0.079
E8	Cogeneración en Servicios Hospitalarios	0.713
E9	Calentadores Solares de Agua en Viviendas	0.028
E10	Reemplazo de Motores por Antigüedad	0.108
E11	Optimización de Motores (tecnología VSD)	0.049
E12	Optimización de Calderas (buenas prácticas)	0.187
E13	Reemplazo de Calderas por antigüedad	0.116
E14	Reemplazo de Lámparas Incandescentes en Viviendas	0.150
E15	Reemplazo de Lámparas Fluorescentes en Viviendas	0.133
E16	Reemplazo de Lámparas Fluorescentes en sector comercial	0.081
E17	Reemplazo de Luminarias en Alumbrado Público	0.188
E18	Clasificación en eficiencia Energética en equipos y electrodomésticos	0.135
E19	Sistema de Gestión Integral de Energía en Industrias y Servicios	2.324
E20	Reducción de uso de combustibles en Iquitos	0.283
E21	Cocinas Mejoradas	1.120
E22	Reemplazo de fluorescente al servicio público	0.034
E23	Redes Eléctricas inteligentes (Smart Grid)	0.057
E24	Eficiencia en nuevas edificaciones (NAMA)	0.619
E25	Eficiencia Energética en Ladrilleras (NAMA)	0.730
<b>Total</b>		<b>10.900</b>

Energía geotérmica no está incluida

Fuente: La Contribución Nacional del Perú - INDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable, MINAM

21

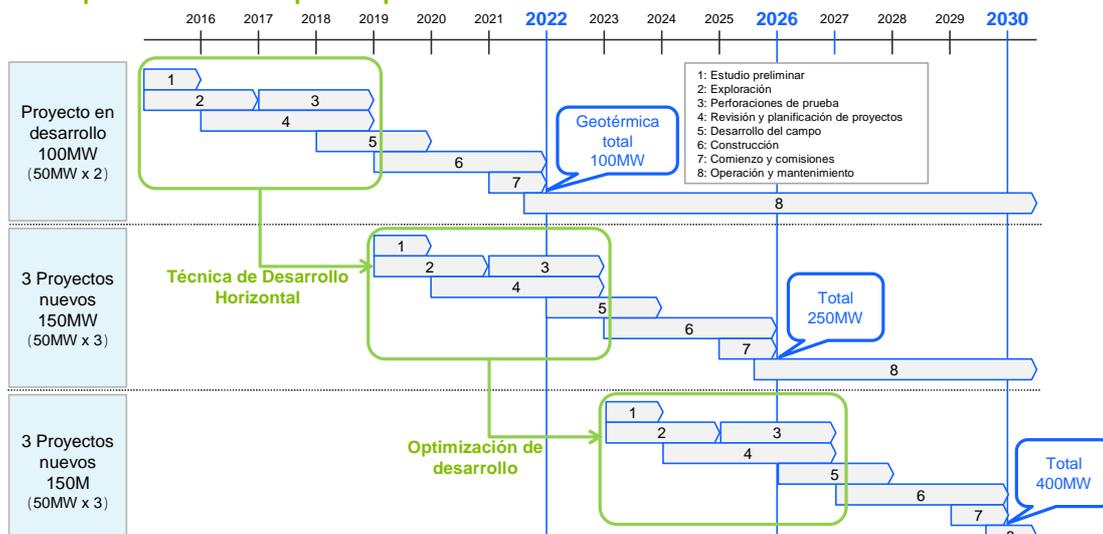
© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 6. La generación de energía geotérmica - ¿Por qué “ahora”?

### 6.2 Cronograma de generación de energía geotérmica para contribuir al INDC

Con el fin de implementar plantas de geotérmica con 400MW para el año 2030, es necesario a:

1. Construir dos plantas de energía geotérmica que ahora se encuentran en estudio.
2. Ejecutar varios proyectos sucesivos de forma simultánea, en base a los conocimientos adquiridos en las dos plantas pilotos.



Fuente: world bank modificado por Deloitte

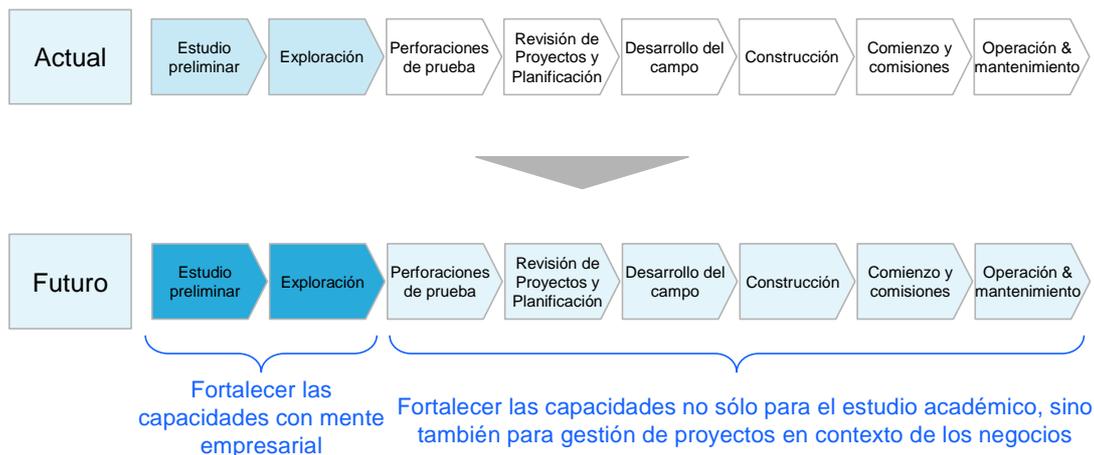
22

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 7. Creación de capacidad sostenible para retener “persona clave”

### 7.1 Capacitación para INGEMMET

La promoción de Energía Geotérmica necesita ampliar el estudio de superficie y gestión del desarrollo.



23

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 7. Creación de capacidad sostenible para retener “persona clave”

### 7.2 Número de miembros para promoción de la planta de geotérmica

Hay una posibilidad de que el número de miembros requeridos pueda faltar para el desarrollo de la planta geotérmica.

Número de miembros en INGEMMET

Especialista	Número Mayo, 2016
Geólogo	2
Geoquímico	2
Geofísico	5
Ingeniero de depósitos	0
Ingeniero de perforación	0
Ingeniero de energía	0
Científico ambiental	1
Analista financiero	0
Científico de GIS	2
Perforadores	0
Técnicos	0
Total	12

Número necesario para planta de geotérmica de 50MW

Especialista	Antecedentes educativos	Número de empleados
Geólogo	Univ. graduados	1 - 2
Geofísico	Univ. graduados	1 - 2
Personal para recoger datos	Escuela secundaria técnica	2 - 5
Geoquímico	Univ. graduados	1
Científico de GIS	Colegio técnico	1
Perforadores para exploración	Escuela secundaria técnica	3 - 7
Analista de muestras	Univ. graduados	1 - 2
Consultores	Univ. graduados	1 - 2
Total estimado		11 - 22

Fuente: Green Jobs Through Geothermal Energy, 2010, GEA

24

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 7. Creación de capacidad sostenible para retener “persona clave”

### 7.3 Número necesario de ingenieros de la central eléctrica de 50 MW

Desarrollo de la planta geotérmica requiere muchos ingenieros expertos de O & M y creará empleo

Número necesario de ingenieros para una planta eléctrica de 50 MW

Etapa de desarrollo	Número de empleados
Inicio	10 – 13
Exploración	11 – 22
Perforación	91 – 116
Diseño de planta y Construcción (EPC)	383 - 489
Operación y Mantenimiento	10 – 25
Sistema de manufactura de la planta	192 – 197
Total	697 – 862

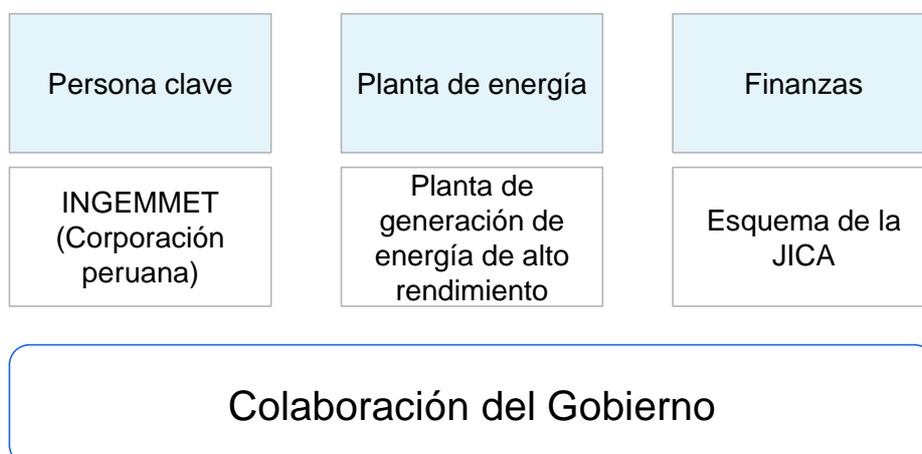
Fuente: Green Jobs Through Geothermal Energy, 2010, GEA

25

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 8. Claves para el éxito de la promoción de la energía geotérmica

Colaboraciones entre el Gobierno, la cooperación peruana, JICA y empresas japonesas serán los factores claves para el éxito de la promoción de la energía geotérmica



26

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.



Deloitte Tohmatsu Group (Deloitte Japan) is the name of the Japan member firm group of Deloitte Touche Tohmatsu Limited (DTTL), a UK private company limited by guarantee, which includes Deloitte Touche Tohmatsu LLC, Deloitte Tohmatsu Consulting LLC, Deloitte Tohmatsu Financial Advisory LLC, Deloitte Tohmatsu Tax Co., DT Legal Japan, and all of their respective subsidiaries and affiliates. Deloitte Tohmatsu Group (Deloitte Japan) is among the nation's leading professional services firms and each entity in Deloitte Tohmatsu Group (Deloitte Japan) provides services in accordance with applicable laws and regulations. The services include audit, tax, legal, consulting, and financial advisory services which are delivered to many clients including multinational enterprises and major Japanese business entities through over 8,700 professionals in nearly 40 cities throughout Japan. For more information, please visit the Deloitte Tohmatsu Group (Deloitte Japan)'s website at [www.deloitte.com/japan](http://www.deloitte.com/japan).

Deloitte provides audit, consulting, financial advisory, risk management, tax and related services to public and private clients spanning multiple industries. Deloitte serves four out of five Fortune Global 5000 companies through a globally connected network of member firms in more than 150 countries and territories bringing world-class capabilities, insights, and high-quality services to address clients' most complex business challenges. To learn more about how Deloitte's approximately 225,000 professionals make an impact that matters, please connect with us on [Facebook](https://www.deloitte.com/japan), [LinkedIn](https://www.deloitte.com/japan), or [Twitter](https://www.deloitte.com/japan).

Deloitte refers to one or more of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, a UK private company limited by guarantee ("DTTL"), its network of member firms, and their related entities. DTTL and each of its member firms are legally separate and independent entities. DTTL (also referred to as "Deloitte Global") does not provide services to clients. Please see [www.deloitte.com/global](http://www.deloitte.com/global) to learn more about our global network of member firms.

This communication contains general information only, and none of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, its member firms, or their related entities (collectively, the "Deloitte Network") is, by means of this communication, rendering professional advice or services. Before making any decision or taking any action that may affect your finances or your business, you should consult a qualified professional adviser. No entity in the Deloitte Network shall be responsible for any loss whatsoever sustained by any person who relies on this communication.

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

Member of  
Deloitte Touche Tohmatsu Limited

(3) Evidencia de distribución de costo de O&M y cantidad de inversión para un modelo de desarrollo geotérmico

El equipo de la JICA estima la rentabilidad de proyecto de generación de electricidad geotérmica. La Tabla 54 que es un modelo de desarrollo geotérmico para la estimación se muestra la distribución de costo de O&M.

Tabla 54 Distribución de costo de O&M y cantidad de inversión para desarrollo geotérmico

Unit[USD 1 million]

Phase	Activity	Year							Operación
		1	2	3	4	5	6	7	
1	Preliminary survey	5							
2	Exploration	2	2						
3	Test drillings			15	15				
4	Project review & planning		3.3	3.3	3.3				
5	Field development				50	50			
6	Construction					39	39	39	
7	Startup & commissioning							8	
8	Operation & maintenance								<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 m\$ / kWh &amp; 35 m\$ / kW / yr</li> <li>• Drilling well every 5 years 9.5m\$ / 2wells</li> </ul>
Total Investment		7	5.3	18.3	68.3	89	39	47	2.54 m\$ / yr

Fuente: Preparado por el equipo de la JICA en base de “Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation, ESMAP technical report 002/12, World Bank”

Para el monto de inversión, el equipo eligió el caso máximo entre tres estimaciones de inversiones sobre desarrollo geotérmico de 50 MW, basado de “Geothermal Handbook” del Banco Mundial. La Tabla 55 muestra el monto de inversión estimada del caso máximo. Esta selección es tomada en cuenta de que los costos de construcción de planta de generación de electricidad geotérmica en el Perú sean en áreas altas y nevadas. El costo de la construcción es comparado con el proyecto de desarrollo geotérmico en Departamento de Táchna en el Perú que fue preparado “Study on Geothermal Power Development in Tacna, Peru (Study on Economic Partnership Projects in Developing Countries in FY2013), The Ministry of Economy, Trade and Industry”.

La Tabla 56 se muestra el costo de O&M de generación de electricidad geotérmica, indicado en la misma referencia del estudio, para utilizar en la estimación. La Tabla 57 se muestra cronograma indicativo de desarrollo geotérmico cada fase, que utiliza en la estimación.

Tabla 55 Monto de inversión estimada cada fase de desarrollo geotérmico

PHASE / ACTIVITY	LOW ESTIMATE	MEDIUM ESTIMATE	HIGH ESTIMATE
1 Preliminary Survey, Permits, Market Analysis <sup>16</sup>	1	2	5
2 Exploration <sup>17</sup>	2	3	4
3 Test Drillings, Well Testing, Reservoir Evaluation <sup>18</sup>	11	18	30
4 Feasibility Study, Project Planning, Funding, Contracts, Insurances, etc. <sup>19</sup>	5	7	10
5 Drillings (20 boreholes) <sup>20</sup>	45	70	100
6 Construction (power plant, cooling, infrastructure, etc.) <sup>21</sup>	65	75	95
Steam Gathering System and Substation, Connection to Grid (transmission) <sup>22</sup>	10	16	22
7 Start-up and Commissioning <sup>23</sup>	3	5	8
<b>TOTAL</b>	<b>142</b>	<b>196</b>	<b>274</b>
In US\$ Million per MW Installed	2.8	3.9	5.5

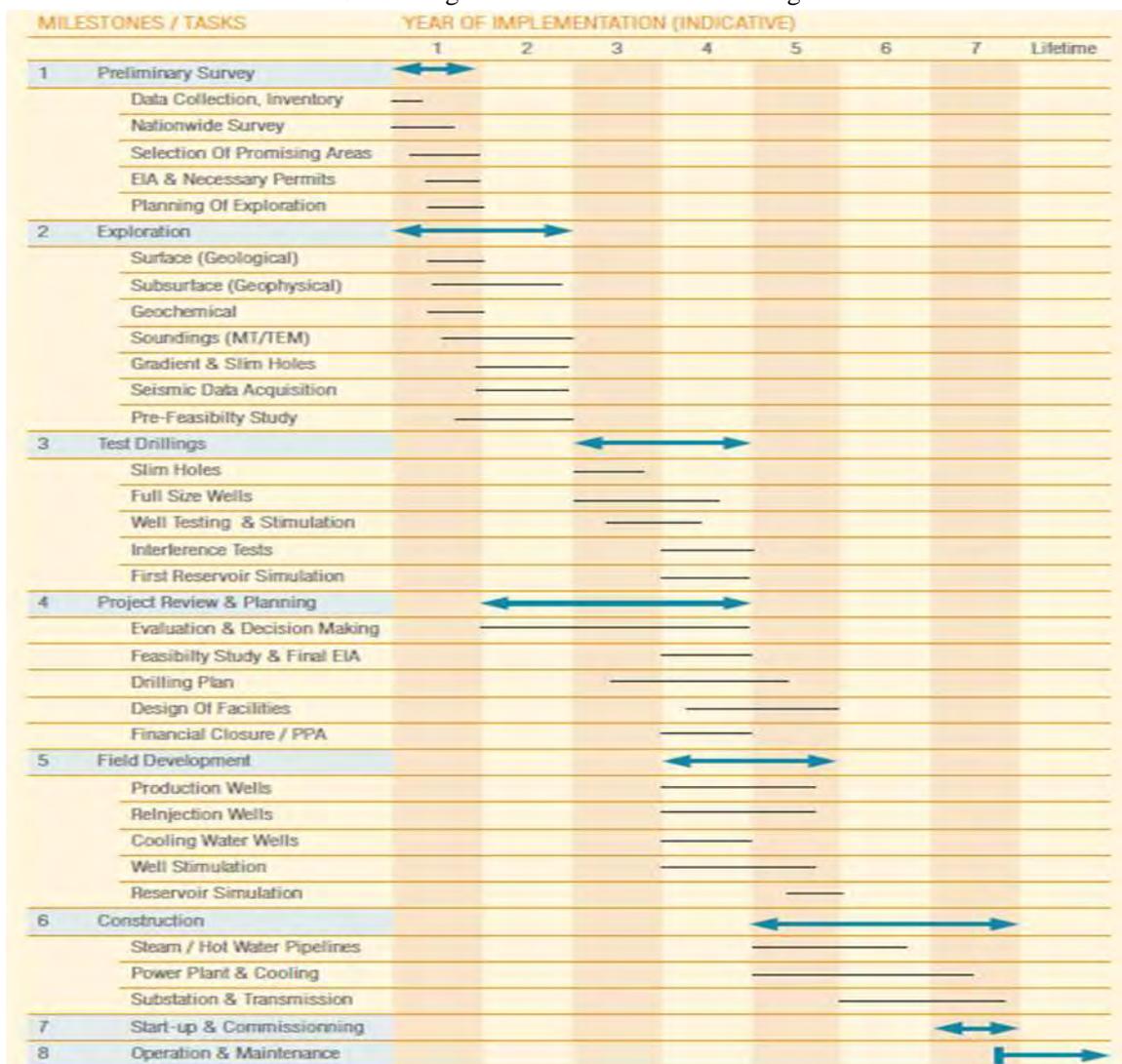
Fuente: Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation, ESMAP technical report 002/12, World Bank

Tabla 56 Costo estimado de O&M de generación de electricidad geotérmico

PLANT	FUEL	CAPACITY	ECONOMIC LIFE	INVESTMENT COST	ANNUALIZED INVESTMENT COST	VARIABLE O&M COST	FIXED O&M COSTS	EFFICIENCY/ HEAT RATE
		MW	YEARS	US\$/kW	US\$/kW/Yr	US\$/MWh	US\$/kW/Yr	% BTU/kWh
MSD	HFO	20	20	1,900	257	7.5	47	43 7,862
Steam Turbine	HFO	200	25	2,500	321	2.1	34	31 11,006
Steam Turbine	Coal	250	25	2,250	289	2.1	34	32 10,663
Combustion Turbine	NG	100	20	730	99	2.4	9.8	28 12,186
Combined Cycle	NG	150	25	1,500	192	1.5	24.5	53 6,438
Combined Cycle	LNG	150	25	1,500	192	1.5	24.5	53 6,438
Combined Cycle	FO #4	150	25	1,500	192	1.5	24.5	53 6,438
Combustion Turbine	FO #4	100	20	800	108	2.5	12	28 12,186
Small Wind Turbine	Wind	0.5	30	2,260	282	4	55	
Large Wind Turbine	Wind	1.5	30	1,700	212	2	35	
Small Hydropower	Hydro	20	40	2,500	304	4	20	
Large Hydropower	Hydro	500	50	2,800	337	1	15	
Geothermal	Steam	50	30	3,000	374	2	35	

Fuente: Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation, ESMAP technical report 002/12, World Bank

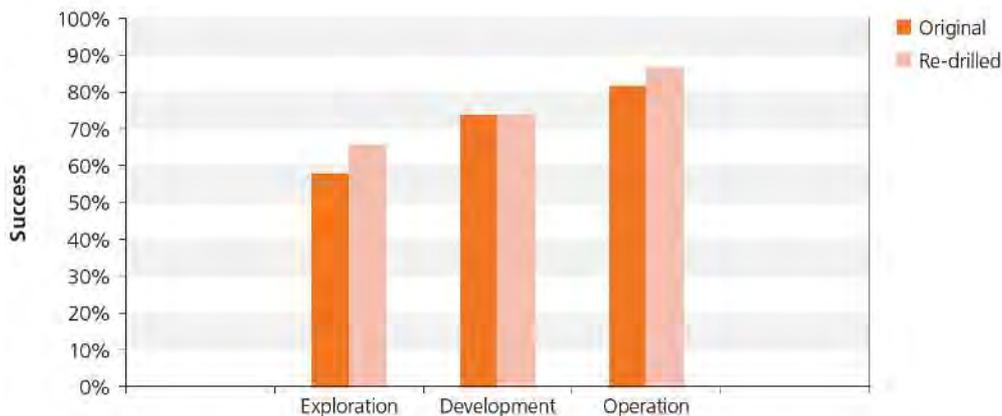
Tabla 57 Cronograma indicativo de desarrollo geotérmico



Fuente: Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation, ESMAP technical report 002/12, World Bank

En la estimación, el equipo considera el riesgo de bajar la cantidad de vapor desde el pozo de producción como un riesgo después de operación de planta geotérmica. La perforación de pozo de producción cada 5 años es una precondition en la estimación como el costo de la perforación porque la cantidad del vapor generalmente baja según la experiencia de desarrollo geotérmico.

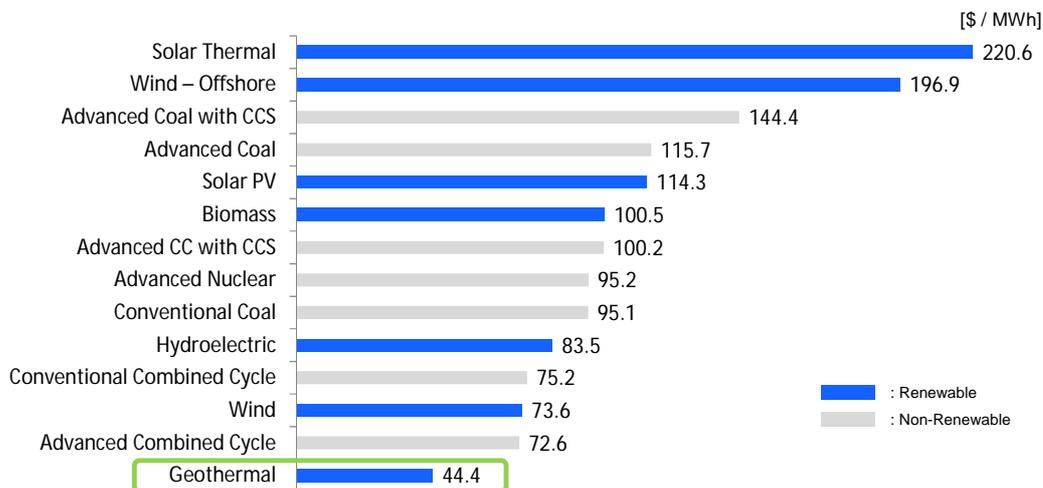
La posibilidad de éxito de la reperfuración de pozo de producción después de la operación es diferente a la etapa de estudio de desarrollo geotérmico. La Figura 40 se muestra la tasa de éxito de perforaciones cada etapa de exploración, desarrollo y operación. La tasa de éxito de perforación en la etapa de operación es relativamente más alta que otras etapas por informaciones y comprensión acumulada sobre la característica de reservorio geotérmico en ese lugar. Por lo tanto, es innecesario excesivamente estimar el costo de la reperfuración.



Fuente: Success of Geothermal Wells: A global study, IFC

Figura 40 Tasa de éxito de perforaciones en etapas de exploración, desarrollo y operación

La rentabilidad de generación de electricidad geotérmica por el largo plazo es muy alto, que es bien conocido. La Figura 41 muestra el costo nivelado de la electricidad (LCOE)<sup>22</sup> geotérmica del Estados Unidos. Aunque la estimación de LCOE es en base de costos de desarrollo geotérmico del Estados Unidos, es conocido que LCOE de la geotérmica por 30 años de operación es el más bajo que otras energías como central térmico y generación de electricidad de varios RER. El plazo de operación por 30 años es adecuado para evaluar la rentabilidad del proyecto por tomar en cuenta de la característica de energía geotérmica y varias experiencias de la geotérmica en el mundo.



Fuente: Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2015

Figura 41 LCOE de plantas geotérmicas

<sup>22</sup> LCOE es un precio de venta necesaria para recuperar el costo que genera mientras de proyecto.