

**Colombia**

**ESTUDIO DE RECOLECCIÓN Y  
VERIFICACIÓN DE INFORMACIÓN  
PARA EL DESARROLLO  
GEOTÉRMICO EN COLOMBIA**

**INFORME FINAL**

**FEBRERO DE 2017**

**AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL  
DEL JAPÓN (JICA)**

**NIPPON KOEI CO., LTD.  
CENTINOS, INC.**

<b>5R</b>
<b>JR</b>
<b>16-027</b>

**Colombia**

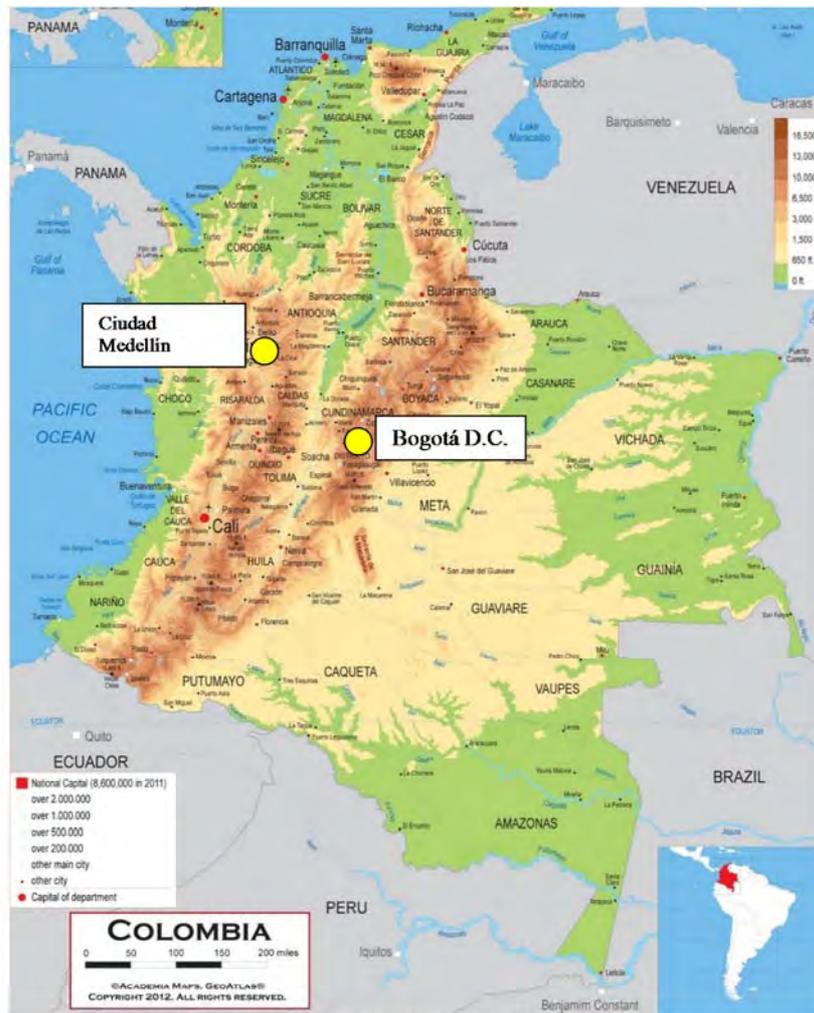
**ESTUDIO DE RECOLECCIÓN Y  
VERIFICACIÓN DE INFORMACIÓN  
PARA EL DESARROLLO  
GEOTÉRMICO EN COLOMBIA**

**INFORME FINAL**

**FEBRERO DE 2017**

**AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL  
DEL JAPÓN (JICA)**

**NIPPON KOEI CO., LTD.  
CENTINOS, INC.**



Escrito en [http://www.worldmapsonline.com/academia/academia\\_colombia\\_physical\\_map.htm](http://www.worldmapsonline.com/academia/academia_colombia_physical_map.htm)

Gráfica de ubicación de regiones objeto de estudio (Colombia)



Escrito en [http://www.worldmapsonline.com/academia/murals/academia\\_us\\_physical\\_map\\_wall\\_mural.htm](http://www.worldmapsonline.com/academia/murals/academia_us_physical_map_wall_mural.htm)

Gráfica de ubicación de regiones objeto de estudio (Estados Unidos)

LISTA DE ABREVIACIONES  
LIST OF ABBREVIATIONS  
略語表

Abreviaciones 略語	Spanish スペイン語	English 英語	Japanese 日本語
ACPM	Aceite Combustible Para Motores (Petrodiesel)	Diesel fuel engines	ディーゼル燃料
AFD	Agencia de Desarrollo Francesa	French Development Agency	フランス開発庁
ANH	Agencia Nacional de Hidrocarburos	National Hydrocarbons Agency	コロンビア石油・天然ガス庁
ANLA	Autoridad Nacional De Licencias Ambientales	National Environmental Authority Licenses	国家環境ライセンス局
APC	Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia	Presidential Agency for International Cooperation of Colombia	コロンビア大統領府国際協力
APP/PPP	Alianza Público Privada	Public Private Partnership	PPP:官民パートナーシップ
ASIC	Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales	Administration of Commercial Interchange System	商取引システム運営管理者
BANCOLDEX	Banco de Comercio Exterior de Colombia	Bank of Foreign Trade	コロンビア貿易銀行
BCIE	Banco Centroamericano de Integración Económica	Central American Bank for Economic Integration	中米経済統合銀行
BID/IDB	Banco Interamericano de Desarrollo	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
BPC	Boston Pacific Company	Boston Pacific Company	ボストン・パシフィック社
BRGM	Servicio Geológico de Francia	The French Geological Survey	フランス地質・鉱山研究所
BGR	El Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales	The Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe)	ドイツ連邦地球科学天然資源研究所
CAC	Comité Asesor de Comercialización	Advisory Committee of Commercialization	取引諮問委員会
CAF	Banco de Desarrollo de América Latina	Development Bank of Latin America	アンデス開発公社
CAPT	Comité Asesor de Planeamiento de la Transmisión	Advisory Committee of the Transmission Planning	輸送計画専門委員会
CAR	Corporación Autónoma Regional	Regional Autonomous Corporation	地方政府
CELEC EP	Corporación Eléctrica del Ecuador	Energy corporation of Ecuador	エクアドル電力公社
CHEC	Central Hidroeléctrica de Caldas	Hydroelectric power plant of Caldas	カルダス水力会社

Abreviaciones 略語	Spanish スペイン語	English 英語	Japanese 日本語
CIF	Centro Internacional de Física	International Physics Center	国際物理センター
CND	Centro Nacional de Despacho	National Dispatch Center	国家給電指令所
CNO	Consejo Nacional de Operación	National Operation Council	国家オペレーション審議会
COLCIENCIAS	Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación	Administrative Department of Science, Technology and Innovation	コロンビア科学技術研究所
COP	Peso colombiano	Colombian peso	コロンビアペソ
CORPOCALDAS	Corporación Autónoma Regional de Caldas	Regional Autonomous Corporation of Caldas	カルダス地方政府
CORTOLIMA	Corporación Autónoma Regional de Tolima	Regional Autonomous Corporation of Tolima	トリマ地方政府
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas	Committee of Regulation of Energy and Gas	エネルギー・ガス規制局
CTF	Fondo para Tecnologías Limpías	Clean Technology Fund	クリーンテクノロジー基金
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística	National Administrative Department of Statistics	国家統計部門
DNP	Departamento Nacional de Planeación	National Planning Department	国家企画局
EC	Comisión Europea	European Commission	欧州委員会
EEB	Empresa de Energía de Bogotá	Bogotá Energy Company	ボゴタ電力会社
EIA/ESIA	Estudio de Impacto Ambiental	Environmental and Social Impact Assessment	環境影響評価
EIB	Banco Europeo de Inversiones	European Investment Bank	ヨーロッパ投資銀行
EMGESA	Empresa Generadora de Energía S.A.	Energy Generating Company	電力生産会社
EPM	Empresas Públicas de Medellín	Public Enterprises of Medellín	メデジン市公共事業体
ESMAP	Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía	Energy Sector Management Assistance Program	エネルギーセクター管理支援プログラム
F/S	Estudio de factibilidad	Feasibility Study	フィージビリティスタディ
FAZNI	Fondo de Apoyo Financiero para las Zonas No Interconectadas	Financial Support Fund for Non-Interconnected Areas	系統非接続地域のための支援基金
FENOGE	Fondo de Energías Renovables y Gestión Eficiente de la Energía	Fund for Renewable Energy and Efficient Energy Management	再生可能エネルギーと効率的なエネルギー管理のための基金
FDN	Financiera de Desarrollo Nacional	Financier for National Development	国家開発資金
GDF	Desarrollo Global Financiar	Global Development Finance	世界開発銀行

Abreviaciones 略語	Spanish スペイン語	English 英語	Japanese 日本語
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial	Global Environment Facility	世界環境ファシリティ
GESA	Geoenergía Andina S. A. (filial de CHEC)	Andean Geoenergy (subsidiary of CHEC)	アンデス地質エネルギー会社 (CHEC 子会社)
GIZ	Empresa Federal Alemana para la Cooperación Internacional	German Federal Enterprise for International Cooperation	ドイツ国際協力公社
GWh	Gigavatio-hora	Gigawatt hour	ギガワット時
IBRD/BIRF	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento	International Bank for Reconstruction and Development	国際復興開発銀行 (世界銀行)
ICEE	Índice de Cobertura de Energía Eléctrica	Electric Power Coverage Ratio	電気普及率
ICEL	Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (anterior a ISA S. A.)	Colombian Institute of Electric Power (prior to ISA S. A.)	コロンビア電力協会 (ISA の前身)
ICP	Instituto Colombiano del Petróleo	Colombian Petroleum Institute	コロンビア石油協会
IDB/ BID	Banco Interamericano de Desarrollo	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
IFC	Corporación Financiera Internacional	International Finance Corporation	国際金融公社
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación	Ecuadorian Institute of Electrification	エクアドル国家電力庁
IPSE	Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas	Institute for Planning and Promotion of Energy Solutions	系統接続地域外のエネルギー計画促進機関
IRENA	Agencia Internacional de las Energías Renovables	International Renewable Energy Agency	国際再生可能エネルギー機関
ISA S. A.	Interconexión Eléctrica S.A.	Electric Interconnection S.A.	電気相互接続会社
IVA	Impuesto al Valor Agregado	Value-added tax	付加価値税
JICA	Agencia Japonesa de Cooperación Internacional	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
KfW	Banco de Crédito para la Reconstrucción	Reconstruction Credit Institute	ドイツ復興金融公庫
km	kilómetros	kilometers	キロメートル
km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado	Square kilometer	平方キロメートル
kv	kilovoltios	kilovolt	キロボルト
kWh	kilovatio-hora	kilowatt hour	キロワット時
LAC	Liquidador y Administrador de Cuentas de cargos por Uso de las Redes del SIN	Liquidator and administrator of counts, related to charges for using SIN electrical grid	SIN 電力網の利用料金に関する管理
m <sup>2</sup>	metro cuadrado	Square meter	平方メートル
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Ministry of Environmental and Sustainable Development	環境省
MEM	Mercado de Energía	Wholesale Electricity	電力卸売市場

Abreviaciones 略語	Spanish スペイン語	English 英語	Japanese 日本語
	Mayorista	Market	
MME	Ministerio de Minas y Energía	Ministry of Mines and Energy	鉱山エネルギー省
MT	Magnetoteléfrica	Magnetotelluric	電磁気探査
MW	Megavatios	Megawatts	メガワット
MWe	Megavatios de electricidad	Megawatts of electricity	電気メガワット
N/A	No aplica	Not Applicable	適用外
NAMA	Acciones Nacionales de Mitigación Apropriadadas	Nationally Appropriate Mitigation Action	開発途上国による適切な緩和行動
NDF	Fondo Nórdico para el Desarrollo	Nordic Development Fund	北欧開発基金
OEF	Obligaciones de Energía Firme	Firm Energy Obligations	確定エネルギー義務
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía	Latin American Energy Organization	ラテンアメリカエネルギー機構
PARATEC	Parámetros Técnicos del SIN (aplicativo de XM para consultas de información)	Technical Parameters of the SIN (XM application for information requests)	全国連系系統テクニカル・パラメーター (XM 系統情報公開システム)
pg	Página	Page	ページ
PGN	Presupuesto General de la Nación	Government Budget	国家総予算
SER	Sociedad Colombiana de Energías Renovables	Renewable Energy Society Colombia	再生可能エネルギー協議会
SGC	Servicio Geológico Colombiano	Colombian Geological Service	コロンビア地質調査所
SIC	Sistema de Intercambios Comerciales	Commercial Exchange System	電力売買システム
SIN	Sistema de Interconexión Nacional	National Interconnected System	国家電力網接続システム
SINA	Sistema Nacional Ambiental	National Environmental System	国家環境システム
SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios	Superintendency of Public Utility Services	公共サービス監督局
STN	Sistema de Transmisión Nacional	National Transmission System	国家輸送システム
STR	Sistemas de Transmisión Regionales	Regional Transmission Systems	地域送電システム
TA	Asistencia técnica	Technical Assistance	技術支援
TIE	Transacciones Internacionales de Electricidad	International Electricity Transactions	国際電力取引
TOR	Términos de referencia	Terms of Reference	付託条項
UNAL	Universidad Nacional de Colombia	National University of Colombia	コロンビア国立大学
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México	National Autonomous University of Mexico	メキシコ国立自治大学
UPME	Unidad de Planificación de	Unit of Planning for	鉱山エネルギー省計画

Abreviaciones 略語	Spanish スペイン語	English 英語	Japanese 日本語
	Minería y Energía	Mining and Energy	局
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
USTDA	Agencia de Desarrollo y Comercio de los Estados Unidos	United States Trade and Development Agency	米国貿易開発局
VERE	Valor Esperado de Racionamiento de Energía	Expected Value of Energy Ration	エネルギー配給予測値
VEREC	Valor Esperado de Racionamiento de Energía Condicionado	Expected Value of Conditioned Energy Ration	制約エネルギー配給予測値
WB	Banco Mundial	The World Bank	世界銀行
ZNI	Zonas no interconectadas	Non-interconnected Zones	系統非接続地域

## EL DESARROLLO GEOTÉRMICO EN COLOMBIA

### INFORME FINAL

### RESUMEN EJECTIVO

---

## CAPITULO 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes y objetivos del estudio

En Colombia, la energía hidroeléctrica ocupa actualmente el 69,89% de las fuentes de suministro eléctrico del país. A pesar de que la energía hidroeléctrica es limpia y armónica con el medio ambiente; también es vulnerable a las condiciones hidráulicas e hidrológicas, generando ocasionalmente la extrema disminución de la capacidad operacional de los generadores en épocas de sequía. En este sentido, debido a la menor precipitación, ocurrida entre 2013 y 2015, la participación de generación hidráulica en la matriz energética de Colombia se redujo del 67,3% al 63,8%, y la participación de generación térmica aumentó del 27,1% al 31,0%. Así mismo, según la disponibilidad de generación, durante el mismo período el componente hidráulico evolucionó de 41.836GWh a 42.464GWh, con un ligero aumento de 628GWh. Mientras que, la disponibilidad de generación térmica evolucionó de 16.839GWh a 20.631GWh, con un aumento de 3.792GWh, respondiendo de esta manera al aumento de la demanda de energía eléctrica del país. Por lo tanto, en el país se realizan estudios hacia la mejor conformación de la matriz eléctrica nacional, disminuyendo la dependencia extrema a la energía hidroeléctrica, manteniendo la estabilidad del aspecto económico y ambiental, así como el control de gases de efecto invernadero y del suministro de energía eléctrica. Como estrategias para los tiempos de sequía, se ha introducido el mecanismo denominado como Obligación de Energía Firme (OEF) con el fin de garantizar la confiabilidad en el suministro de energía.

En cuanto al desarrollo de energía geotérmica, desde el año 2008, una de las tres (3) empresas públicas más grandes de energía del país, ISAGEN, bajo la cooperación de la Agencia de Comercio y Desarrollo de EE.UU (USTDA) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), ha realizado estudios de pre-factibilidad, relacionados con proyectos de generación eléctrica geotérmica.

Sin embargo, en Colombia no se ha realizado todavía ningún desarrollo de energía geotérmica; por lo cual, posterior a la observación de las directrices de cooperación de JICA, centradas en la facilitación de préstamos, se toma como objetivo el realizar sugerencias para los esfuerzos relacionados al impulso de los desarrollos de energía geotérmica, bajo la organización y análisis de las políticas energéticas y de los avances actuales de los proyectos geotérmicos.

Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

- ✓ Realizar un estudio relacionado con las políticas, regulaciones y esquemas de ejecución, asociados al desarrollo de la energía geotérmica en Colombia,
- ✓ Analizar la situación del desarrollo geotérmico en el país, y los factores inhibidores por los cuales no se despliega el desarrollo de energía geotérmica

- ✓ Determinar las posibilidades y la dirección de la cooperación de JICA, centrada en la cooperación con recursos reembolsables.

## 1.2 Resumen del estudio

A continuación, se indica el contenido del estudio.

- ✓ Recolección de documentos e información existente
- ✓ Entrevista a entidades relacionadas con el sector eléctrico
- ✓ Intercambio de opiniones con entidades relacionadas
- ✓ Resumen de los resultados del estudio y elaboración del informe

## CAPITULO 2. Sub-Sector Eléctrico

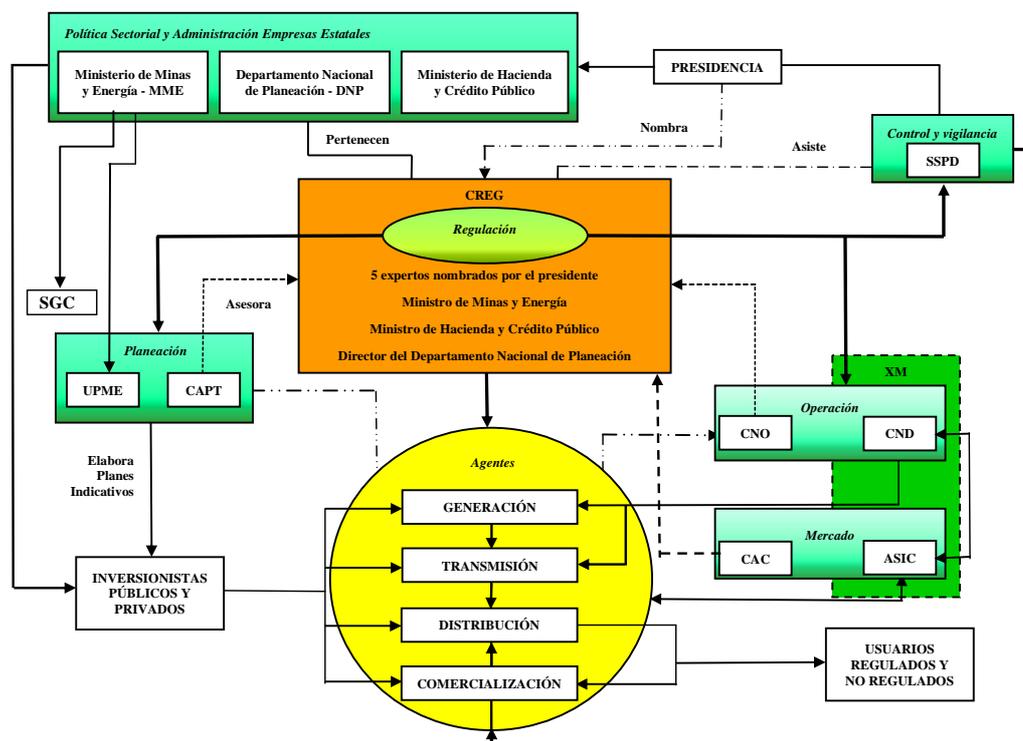
### 2.1 Política de Electricidad y Marco Legal

En Colombia se desarrolló el nuevo sistema eléctrico nacional, mediante la puesta en vigencia de las leyes 142 (ley de servicio público) y 143 (ley de electricidad) de 1994, formando el marco legal para fomentar el mercado competitivo de generación eléctrica y comercio de electricidad. Con el inicio de la liberación del mercado eléctrico en 1995, se definió bajo dicho marco que se tratan la transmisión y la distribución eléctrica como un mercado natural monopolizado y se realiza una adecuada supervisión de mercado, a fin de mantener permanentemente el precio competitivo a través de tomar las siguientes medidas:

- 1) Se autorizó a las empresas privadas para la prestación de servicios públicos.
- 2) Se dividió por segmentos la cadena de valor del mercado eléctrico (generación, transformación, transmisión y distribución (comercio eléctrico)).
- 3) Se estableció el sistema de control mediante la creación de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).
- 4) Se implementó un mecanismo para defender la calidad y credibilidad del servicio prestado mediante la creación de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).

### 2.2 El Papel de las Organizaciones del Gobierno y del Sector Energético

El sub-sector eléctrico de Colombia hace parte del sector energético, y está constituido por una serie de entidades, las cuales desempeñan sus funciones en la regulación, generación, transmisión, comercialización y distribución de energía eléctrica (**Figura 2.2-1**).



Fuente: Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG

**Figura 2.2-1 Esquema Institucional del Sector Energético**

Aunque en cada actividad intervienen diferentes entidades, aquellas que las lideran son las siguientes:

- Dirección del sector energético: Ministerio de Minas y Energía - MME
- Planeación del sector energético: Unidad de Planeación Minero Energética – UPME.
- Regulación del sector energético: Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG
- Supervisión y Control del mercado: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD
- Operación y administración del mercado: Compañía Expertos en Mercados - XM

Cabe aclarar que el Servicio Geológico Colombiano – SGC es un Instituto Científico y Técnico, adscrito al Ministerio de Minas y Energía, el cual hace parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Esta agencia gubernamental colombiana no hace parte del esquema institucional del sector energético actual, debido a que no está directamente relacionada con las actividades de dirección, planeación, regulación, control y vigilancia, y operación y administración del mercado energético. Dentro de las funciones del SGC, más cercanas al sector energético, están:

- Adelantar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo.

- Realizar la identificación, inventario y caracterización de las zonas de mayor potencial de recursos naturales del subsuelo, tales como minerales, hidrocarburos, aguas subterráneas y recursos geotérmicos, entre otros.

Por otra parte, el mercado está constituido por consumidores o usuarios, y los agentes económicos o del mercado. En cuanto a los consumidores, éstos se dividen de la siguiente manera:

- Regulados o pequeños consumidores (usuarios residenciales y de pequeños negocios)
- No regulados o grandes consumidores (Usuarios industriales y comerciales)

### 2.2.1 Agentes del Mercado

Después del año 1994, el sector de energía eléctrica de Colombia fue liberada y ha sido dividida en generación, transmisión, distribución y venta. Como empresas de generación de energía hidroeléctrica se encuentran las cinco (5) principales empresas del país EMGESA, EPM, ISAGEN, AES CHIVOR, EPSA, que ocupan el 90% de la capacidad efectiva. Las cuatro (4) empresas EMGESA, EPM, ISAGEN, EPSA poseen plantas de generación de energía térmica de gas y suministran energía al sistema del estado.

#### (1) Capacidad Instalada

Según datos de XM, a diciembre de 2015, la capacidad instalada por agente muestra que EPM tiene la mayor participación en el mercado, con cerca del 22%, seguida por EMGESA con un 21% e ISAGEN con el 18% (**Tabla 2.2-1**).

**Tabla 2.2-1 Capacidad instalada del SIN a diciembre de 2015**

Empresa de generación eléctrica	Capacidad instalada (MW)	Capacidad instalada (%)
EPM S.A. E.S.P.	3.515,1	22
EMGESA S. A. E.S.P.	3.420,1	21
ISAGEN S. A. E.S.P.	2.989,9	18
Generadora y Comercializadora de Energía del Caribe S.A. E.S.P.	1.367,0	8
Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P.	1.045,3	6
AES Chivor S.C.A. E.S.P.	1.000,0	6
CELSIA S.A. E.S.P.	206,8	1
Otros	2.891,9	18
Total	16.436,0	100

Fuente: Elaborado con base en los datos de [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

#### (2) Capacidad Efectiva

La capacidad efectiva neta (luego de descontar el consumo propio) del SIN, al finalizar el 2015, fue 16.240 MW. Al comparar la capacidad con la registrada en 2014, se observa un crecimiento en 931 MW, equivalentes al 6% (**Tabla 2.2-2**).

**Tabla 2.2-2 Comparativo de Capacidad Efectiva Neta del SIN en años recientes**

Recursos	2011 MW	2012 MW	2013 MW	2014 MW	2015 MW	Participación 2015 (%)	Variación (%) 2014-2015
Hidráulicos	9.185,00	9.185,00	9.315,00	10.315,00	10.892,00	66,60	5,59
Térmicos	4.545,00	4.426,00	4.515,00	4.402,00	4.743,00	28,42	7,19
Menores	635,00	693,00	662,20		698,42	4,48	0,54
Cogeneradores	55,00	57,00	66,30	77,30	86,60	0,50	10,74
<b>Total SIN</b>	<b>14.420,00</b>	<b>14.361,00</b>	<b>14.558,50</b>	<b>15.489,00</b>	<b>16.420,00</b>	<b>100,00</b>	<b>5,67</b>

Fuente: Sistema de información de XM

**(3) Generación**

Con respecto a la generación de energía, tres compañías – la compañía pública Empresas Públicas de Medellín - EPM, así como las privadas ISAGEN y EMGESA – controlan el 60 % de la generación total (de acuerdo con la información de XM, 2015).

**Tabla 2.2-3 Generación de Energía por Agente 2015**

Agente generador	Generación GWh	Participación %
Empresas Públicas de Medellín E.S.P.	13.994,480	21,03
EMGESA S. A. E.S.P.	13.748,781	20,66
ISAGEN S. A. E.S.P.	12.820,792	19,27
Otras 43 generadoras	25.984,421	39,04
<b>TOTAL</b>	<b>66.548,474</b>	<b>100</b>

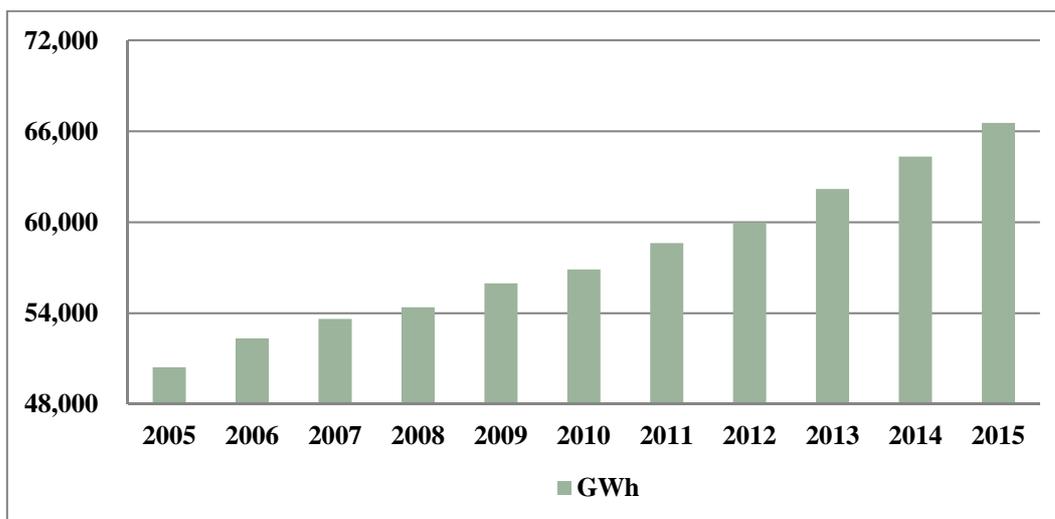
Fuente: Sistema de información de XM

**2.2.2 Oferta**

La oferta o suministro de electricidad se basa en la capacidad instalada y en la producción o generación. Adicionalmente, el suministro eléctrico depende del Sistema de Interconexión Nacional – SIN (red nacional de interconexión), así como de varias redes locales aisladas, en las Zonas No Interconectadas – ZNI (zonas marginales que no están conectadas al SIN).

**(1) Producción (Generación)**

De acuerdo con XM, a diciembre 31 de 2015, la generación anual de energía eléctrica en Colombia fue de 66.548,5 GWh, 3,5% por encima de la registrada en 2014, para este mismo período (64.327,9 GWh) (ver **Figura 2.2-2**).

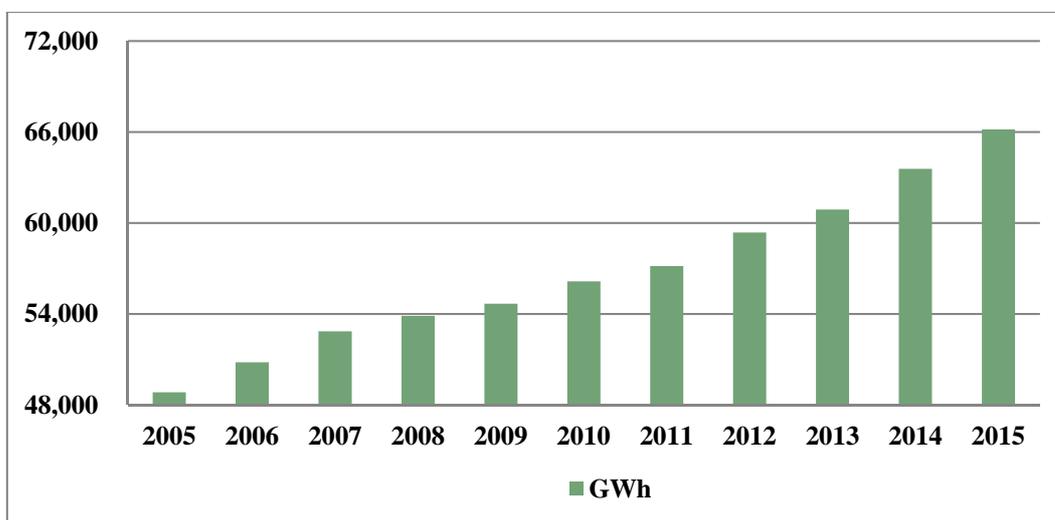


Fuente: Elaborado con base en los datos de [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

**Figura 2.2-2 Evolución de provisión de electricidad en Colombia (2005-2015) - GWh**

### 2.2.3 Demanda

En Colombia, en el año 2015, la demanda de energía eléctrica tuvo una tasa de crecimiento del 4,2%, con respecto al año anterior, con un consumo total de 66.174 GWh (ver **Figura 2.2-3**), de los cuales, el 69% corresponde al mercado regulado (residencial y pequeños negocios).



Fuente: Elaborado con base en los datos de [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

**Figura 2.2-3 Evolución de demanda de electricidad en Colombia (2005-2015) - GWh**

Cabe mencionar que UPME (2016) presenta la proyección anual de capacidad máxima de generación eléctrica entre 2016 y 2030. En la **Tabla 2.2-4** se muestran los resultados de proyección bajo tres escenarios (alto, medio y bajo) con el índice de aumento de la demanda

eléctrica. De acuerdo con el escenario medio, la demanda eléctrica aumentaría cada año en entre 2,5% y 5,0%.

**Tabla 2.2-4 Proyección del índice de aumento de demanda eléctrica nacional**

Proyección (%)			
Año	Escenario alto	Escenario medio	Escenario bajo
2016	6,2	4,3	2,4
2017	3,8	3,2	2,6
2018	5,0	5,0	5,1
2019	3,1	3,1	3,1
2020	2,9	2,9	2,9
2021	2,5	2,5	2,5
2022	2,5	2,5	2,5
2023	2,6	2,5	2,5
2024	2,7	2,7	2,7
2025	2,8	2,8	2,8
2026	2,9	2,9	2,9
2027	3,0	3,0	3,0
2028	3,1	3,1	3,1
2029	3,2	3,2	3,2
2030	3,3	3,3	3,3

Fuente: Demanda eléctrica y capacidad máxima eléctrica de Colombia junio de 2016, UPME

## 2.2.4 Estado Actual del Mercado de Energía

En el Mercado de Energía Mayorista – MEM se transa toda la energía requerida para abastecer la demanda de los usuarios conectados al SIN (comercializadores), y que es ofertada por los generadores, que conectan sus plantas a dicho sistema.

Según XM ([www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)), la energía transada en la bolsa, durante el año 2015, tuvo un incremento del 8,76%, aunque lo que predomina es la energía transada en contratos. Con respecto a los precios, el precio ponderado de bolsa nacional tuvo un incremento del 67,76%, finalizando este año con un precio ponderado anual de 378,31 COP/kWh; mientras que para los contratos, el precio promedio anual fue de 143,42 COP/kWh para el año 2015, con un incremento del 9,10%, con respecto al 2014.

## 2.3 Plan de Desarrollo de Instalaciones para la Generación

Según García & Camacho (2016), los proyectos de energía eléctrica en desarrollo serían suficientes a futuro para satisfacer la demanda. Para el caso de la generación eléctrica, el gobierno colombiano considera que son varios los proyectos que en el mediano plazo incrementarán la oferta y suplirán ampliamente la demanda proyectada.

Por otra parte, UPME (2015), en el Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión 2015 – 2029, ha planteado diferentes escenarios a corto y largo plazo para la expansión en generación.

### (1) Análisis de Corto Plazo

De acuerdo con los escenarios planteados, con proyectos definidos por el mecanismo del Cargo por Confiabilidad, se presenta el siguiente panorama:

- 1) No se prevé la falta de electricidad dado que se puede cubrir con nuevos proyectos en caso que se genere retraso de desarrollo.
- 2) Para el horizonte 2018-2022 preocupa que el costo de generación de la hidroeléctrica impacta al costo marginal, mientras tanto el de la termoeléctrica se prevé incrementar de manera sostenible.
- 3) Respecto a la necesidad de desarrollo en el futuro, se requerirá desarrollo de nuevas centrales eléctricas para el 2021.

### (2) Análisis de mediano y largo plazo

En el escenario de mediano y largo plazo se propone la mixtura de energía.

- 1) Al igual que los escenarios de corto plazo, se permite reducir el costo marginal para el horizonte de 2018-2022 con el inicio de operación de las centrales hidroeléctricas, particularmente de la primera y segunda fase de la central Ituango.
- 2) Para el período 2015-2018 se espera incrementar la producción eléctrica con la operación de primera fase de Ituango (2019-2020), la segunda fase del mismo y otras centrales hidroeléctricas (2021-2022). El valor esperado promedio de generación hidroeléctrica será de 6298,18 GWh/mes (2023-2029).
- 3) Se prevé una menor producción de la generación termoeléctrica para el período 2018-2022. A partir de 2022 se incrementará la producción eléctrica con la operación de centrales térmicas de carbón.
- 4) A medida que se incremente la potencia de las centrales hidroeléctricas, la participación de generación termoeléctrica se disminuirá gradualmente.
- 5) Se espera complementar a las hidroeléctricas y termoeléctricas debido al incremento de la generación eólica y los demás energías no convencionales (biomasa, geotérmica y solar).
- 6) Se espera una reducción del costo marginal en caso de la incorporación de recursos renovables, convencionales y no convencionales.

### (3) Comentarios Generales

- 1) A partir de las proyecciones y escenarios analizados, se evidencia que a partir de los años 2021 la demanda superaría la oferta energética, es decir, el abastecimiento de la demanda nacional estaría en riesgo.
- 2) Las simulaciones energéticas llevadas a cabo mostraron que a partir del año 2021, los criterios de confiabilidad energética no se cumplirían, es decir, se necesitaría de nuevos proyectos de generación.
- 3) Las matrices que incorporan en mayor proporción recursos térmicos, son aquellas que tienen un elevado factor de emisión (CO<sub>2</sub>). En contraste, las estrategias más renovables son las menos contaminantes.
- 4) Los escenarios que están compuestos por fuentes renovables no convencionales involucran una mayor inversión de capital. Ello se debe a la totalidad de la capacidad instalada dada la intermitencia de estos recursos, la cual es necesaria para garantizar la confiabilidad

## CAPITULO 3. Situación Actual y Medidas a Tomar para el Desarrollo de la Energía Geotérmica

### 3.1 Organizaciones y sus Funciones

El mayor desafío, relacionado con las instituciones gubernamentales asociadas al desarrollo geotérmico (sectores de electricidad, medioambiental, entre otros.) está en la falta de suficiente experiencia en el cumplimiento de los trámites administrativos, y de capacidad para impulsar los proyectos, por falta de experiencias previas.

A continuación, se enumeran algunos temas que deberían ser analizados en relación con la institucionalización y los trámites administrativos, en los cuales se espera que el Gobierno tome la iniciativa.

- Desarrollo legislativo: Institucionalización de las autorizaciones y licencias, entre otras y construcción del sistema de gestión
- Gestión ambiental: Sistematización de los trámites para la obtención de la licencia ambiental
- Estudio y desarrollo: Evaluación de los recursos y desarrollo humano
- Asistencia al desarrollo: Revisión de las políticas de asistencia y de fomento

Los trámites y procedimientos administrativos más representativos, que pueden limitar el fomento de los proyectos de desarrollo geotérmico, son la obtención de la licencia ambiental, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), la definición del Ministerio de Minas y Energía (MME) sobre los recursos geotérmicos, y la reglamentación sobre la concesión de las autorizaciones y licencias del desarrollo geotérmico, las cuales son insuficientes.

Adicionalmente, las organizaciones relacionadas abarcan muchos aspectos, por lo cual existe la posibilidad de que los trámites para la formulación de proyectos y las autorizaciones para su

desarrollo se tornen complicados. En las inspecciones ambientales se encuentran relacionados el Ministerio de Medio Ambiente, ANLA y las corporaciones regionales desde cada jurisdicción, y debido a que no se cuenta con suficiente experiencia en el manejo de los casos que pasan por las oficinas regionales, es difícil dar una pronta respuesta.

Dado que los desarrolladores tampoco han acumulado suficientes conocimientos y experiencias en el tema de desarrollo geotérmico en Colombia, se requiere iniciar la evaluación de los riesgos del proyecto (inversión inicial, competencia con la generación eléctrica tradicional, regulación del mercado, consideraciones ambientales y sociales, entre otros). Dentro de este contexto, fue creada la "Sociedad Colombiana de Energías Renovables-SER" con la iniciativa del sector privado y se están realizando los preparativos (intercambio de información, coordinación interinstitucional, entre otros) para impulsar el desarrollo.

Existen varios organismos cooperantes, tales como el BID, KfW, CAF, entre otros, que otorgan financiamiento y garantía a los proyectos de energía geotérmica. Sin embargo, estos organismos no han llegado a concretar la asistencia a Colombia por una serie de razones, como son: (1) la falta de un proyecto que ha llegado a la fase de ejecución; (2) la baja prioridad de los proyectos colombianos, porque existen varios proyectos financiados en otros países de Sudamérica; y (3) no se ha recibido una propuesta concreta por parte de los desarrolladores a los organismos financieras.

### **3.2 Acciones y desafíos de desarrollo geotérmico**

El gobierno nacional y las empresas locales han realizado hasta la fecha varios estudios del suelo superficial (geología, geoquímica, prospección geofísica, entre otros) para el desarrollo de la generación geotérmica, bajo la cooperación de los organismos internacionales.

De éstos, los estudios con amplia cobertura son los ejecutados en las zonas geotérmicas Nevado del Ruiz y Chiles.

Adicionalmente, se ejecutaron los estudios iniciales también en las zonas geotérmicas de Paipa, Iza, Volcán Azufral y Volcán Cumbal. Por otro lado, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) tiene conformado varios equipos de trabajo que actúan en todo el país, y ha confeccionado el mapa geotérmico de Colombia.

No obstante a estos esfuerzos, ningún proyecto ha llegado a la fase de factibilidad en las zonas mencionadas. Los posibles obstáculos y limitaciones, según los desarrolladores, son los siguientes (en cuanto al otorgamiento de las licencias ambientales, se detallan más tarde).

#### **(1) Altos Riesgos y Costos de Inversión Inicial**

Grandes riesgos asociados con la excavación de los pozos geotérmicos (pozos de producción, de reinyección, entre otros) y la inversión inicial de la excavación. Asimismo, el prolongado tiempo requerido para recuperar las inversiones constituye otro limitante de la ejecución de los proyectos geotérmicos.

#### **(2) Competencia con Otros Recursos de Energía Convencionales**

Tradicionalmente, Colombia había sido poco proactivo al desarrollo de la generación geotérmica debido a la abundancia de los recursos hídricos y de carbón.

La ubicación de los proyectos depende del potencial de los recursos geotérmicos. Si existen áreas protegidas en la cercanía, se requiere necesariamente ejecutar el estudio ambiental y obtener la licencia ambiental, lo que puede tomar tiempo, atrasando el avance del proyecto y aumentando el costo de ejecución.

**(3) Regulación del Mercado**

La legislación y los procedimientos administrativos en Colombia han sido sustancialmente modificados para fomentar la generación eléctrica no tradicional, los cuales incluyen los incentivos fiscales, exoneración del pago de impuestos (incluyendo el impuesto de importación), entre otros. Sin embargo, los desarrolladores de los proyectos geotérmicos consideran que la desregulación del mercado colombiano no es todavía suficiente para implementar los proyectos de generación eléctrica no tradicional, y que aun oculta desventajas económicas en comparación con la generación eléctrica tradicional.

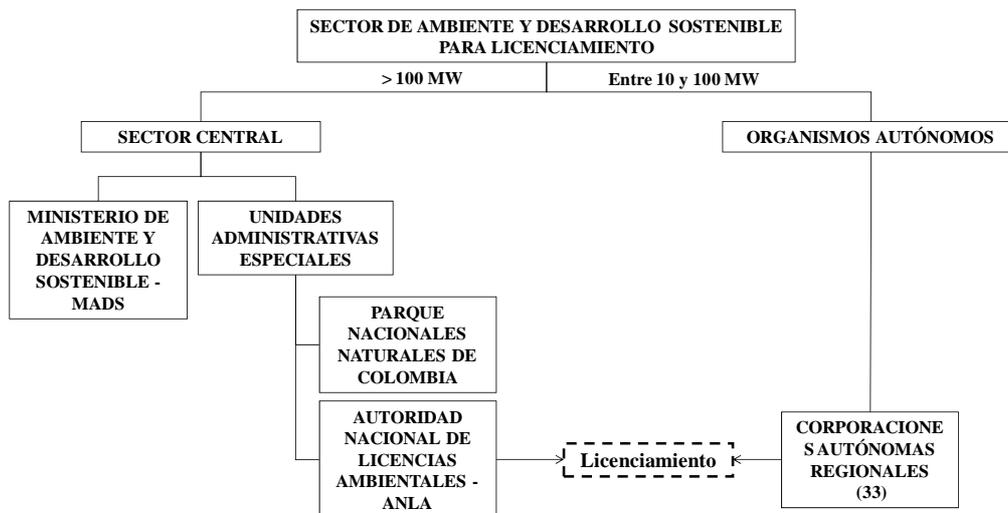
**(4) Ubicación en Áreas Protegidas**

Las zonas con alto potencial de desarrollo geotérmico se ubican, en muchos de los casos, en cercanía de áreas protegidas, parques nacionales o de las propiedades de la población indígena o afro-indígena, y la falta de los reglamentos sobre los procesos de consideración socioambiental, lo cual constituye un factor que limita el desarrollo.

**3.3 Consideraciones Ambientales y Sociales**

**3.3.1 Resumen del Sector Medioambiental**

Al momento de adelantar el desarrollo de generación geotérmica en Colombia, las entidades gubernamentales relacionadas con el sector medioambiental, se separan en gobierno central y organismos autónomos regionales, dependiendo de la potencia de generación. Como se indica en la **Figura 3.3-1**, en el caso de ser mayor a 100 MW, se encontrará bajo jurisdicción de ANLA, y en caso de ser mayor a 10 MW y menor de 100 MW, estará bajo jurisdicción de la corporación regional autónoma correspondiente.



Fuente: JST

**Figura 3.3-1 Resumen Organizacional del Sector Medioambiental**

En la regulación colombiana actual, no es necesaria la adquisición de licencias ambientales para proyectos de generación eléctrica menores a 10 MW. Sin embargo, aun en una planta de generación geotérmica de pequeña escala, al nivel de los 5 MW, es necesaria la excavación de, al menos, un pozo geotérmico de producción y otro para la reinyección, y se podría pensar que es necesaria la evaluación de impacto ambiental adecuada, de la misma forma que el desarrollo de plantas de generación geotérmica mayor a 10 MW. También, se debe estudiar este punto para la organización del sistema legal de evaluaciones de impacto ambiental y licencias, entre otros (Véase “4.1 Organización del sistema legal para la gestión de recursos geotérmicos”).

### **3.3.2 Gestión Ambiental Relacionada con el Desarrollo de Generación Geotérmica**

En Colombia, se establece lo siguiente, para la concesión de licencias ambientales, necesarias para la ejecución proyectos de desarrollo de generación de energía geotérmica:

#### **(1) Permiso de Estudio**

Es importante mencionar que la geotermia requiere de un gran esfuerzo para realizar las fases iniciales de exploración (reconocimiento, pre factibilidad y factibilidad), de manera previa a la fase de desarrollo del campo y la planta (construcción y operación).

De acuerdo con lo anterior, se considera importante iniciar la exploración geotérmica con la solicitud de Permiso de Estudio, de acuerdo con las siguientes normas del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto – Ley 2811 de 1974). El Permiso de Estudio es competencia de la corporación autónoma regional.

Es importante tener en cuenta que este permiso tiene una duración corta, considerando que los dos (2) años especificados en la norma podrían ser insuficientes para la exploración geotérmica, que en conjunto (pre factibilidad y factibilidad) tomaría hasta cinco (5) años.

#### **(2) Concesiones**

Por ser la geotermia un recurso de propiedad de la Nación y administrado por la autoridad ambiental competente, este es objeto de concesión para su uso y aprovechamiento. La concesión es competencia de MME.

#### **(3) Licencia Ambiental**

La regulación Colombiana sobre la materia, establece la obligatoriedad del trámite y obtención de la licencia ambiental para todos aquellos proyectos obras o actividades que, de acuerdo con la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje.

Aunque este no es el caso de la geotermia, ya que la misma ha sido considerada en todo el mundo como una tecnología limpia y renovable, que por el contrario constituye una alternativa, ambientalmente viable, para el suministro de energía más limpia; es claro que la misma tiene algunas particularidades que implican el diseño y aplicación de medidas de manejo ambiental en todas sus fases. Es competencia de la corporación autónoma regional o el gobierno central (ANLA), dependiendo de la envergadura de desarrollo.

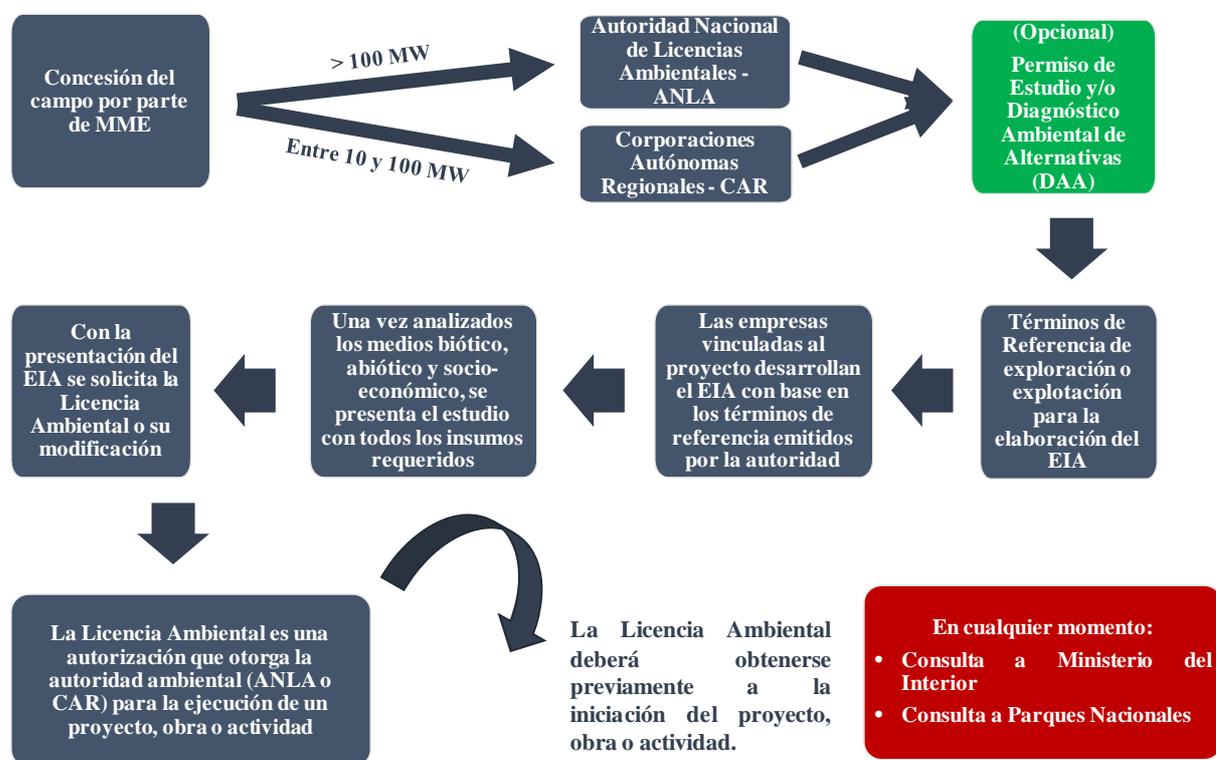
Las siguientes normas de carácter general, establecen la competencia de la autoridad ambiental y la obligación, por parte de los desarrolladores de proyectos, de realizar el trámite para la obtención de la Licencia Ambiental:

- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA)
- Decreto 2820 de 2010. Reglamentario del Título VIII de la Ley 99 de 1993, sobre licencias ambientales
- Decreto 3573 de 2011. Por el cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y se dictan otras disposiciones

De acuerdo con la normatividad anterior, la Autoridad Ambiental es la encargada de otorgar el permiso de estudio y la licencia ambiental para exploración y uso, en la cual se deberá incorporar la concesión para el uso del recurso geotérmico y el agua.

### 3.3.3 Procedimiento de Obtención de la Licencia Ambiental

El procedimiento para obtener una licencia ambiental es el siguiente (Figura 3.3-2):



Fuente: JST

**Figura 3.3-2 Procedimiento de Obtención de las Licencias Ambientales**

- Inicialmente, se realiza una solicitud de contrato de concesión del área a explorar ante el Ministerio de Minas y Energía – MME o ante la entidad designada por éste.
- Etapa de exploración (que incluye la perforación exploratoria)

Con base en la normatividad vigente para el sub-sector eléctrico (Decreto 1076 de 2015), se define la competencia para la obtención de la licencia ambiental: Para proyectos de generación eléctrica con capacidad instalada igual o superior a 100 MW, la entidad competente para otorgar o negar la licencia ambiental será la Autoridad

Nacional de Licencias Ambientales – ANLA. Para el caso de proyectos de generación eléctrica entre 10 y 100 MW, la competencia corresponde a la corporación regional autónoma de la jurisdicción del proyecto. Mientras que para proyectos inferiores a 10 MW no se requiere licencia ambiental.

- Etapa de explotación (Etapa de perforación de pozos de producción/reinyección y de construcción de centrales eléctricas)

Con base en la normatividad vigente para el sub-sector eléctrico (Decreto 1076 de 2015), se define la competencia para la obtención de la licencia ambiental: Para proyectos de generación eléctrica con capacidad instalada igual o superior a 100 MW, la entidad competente para otorgar o negar la licencia ambiental será la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA. Para el caso de proyectos de generación eléctrica entre 10 y 100 MW, la competencia corresponde a la corporación regional autónoma de la jurisdicción del proyecto. Mientras que para proyectos inferiores a 10 MW no se requiere licencia ambiental.

- Para el caso de los proyectos con más de una opción para su desarrollo, existe la opción de realizar un Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), para presentarlo a la autoridad ambiental competente, quien definirá cuál es la mejor opción entre las alternativas presentadas y, con base en la opción elegida, realizar el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto. También, existe la opción de solicitar un permiso de estudio o de solicitar los términos de referencia para EIA.
- La autoridad ambiental competente entregará los términos de referencia para la elaboración del EIA, según sea el caso (exploración o explotación).
- Realización del EIA por parte del agente desarrollador.
- Presentación del informe del EIA y otros documentos necesarios
- Evaluación por la autoridad ambiental y otorgamiento de licencias ambientales

En cualquier etapa del proceso de licenciamiento, después de obtenida la concesión del campo, se realizan consultas al Ministerio del Interior y a Parques Nacionales, así:

- Ministerio del interior: Se consulta sobre la presencia de comunidades indígenas o tribales en el área del proyecto. Si la respuesta es afirmativa, se debe realizar una Consulta Previa con la comunidad, antes de continuar con el EIA. El proceso con la autoridad ambiental permanecerá suspendido durante el tiempo de la Consulta Previa.
- Parques Nacionales: Se consulta sobre el área del proyecto y la posibilidad de que se encuentre total o parcialmente en un área de Parque Nacional o un área protegida. Si la respuesta es afirmativa, se tomarán las medidas a que diera lugar, según la normatividad ambiental vigente.

En la actualidad, en Colombia, el término Estudio de Impacto Ambiental y Social (ESIA por sus siglas en inglés) y el término EIA son equivalentes. Sustancialmente, se efectúa el estudio y la evaluación del impacto, tanto en el ambiente natural como en el ambiente social, por lo que en la versión japonesa de este informe se utilizará el término ESIA, de acuerdo con la situación real. Sin embargo, en la traducción española se utilizará el término EIA, ya que dentro de Colombia es el que más se conoce.

### 3.3.4 Problemáticas Relacionadas a las Concesiones y Licencias Ambientales

Como se describe anteriormente, los recursos geotérmicos de Colombia están definidos como recursos naturales renovables, bajo administración del estado y dependiendo de su escala de generación, las licencias son gestionadas por la dirección ambiental del gobierno central o por la dirección ambiental de las administraciones regionales.

Desde el punto de vista de las consideraciones socio ambientales, se pueden citar las siguientes dos tareas importantes: (1) organización del sistema legal de las licencias ambientales relacionadas con el desarrollo de recursos geotérmicos y (2) formulación de los TOR del estudio de consideraciones socio ambientales.

- Organización del sistema legal de las licencias ambientales relacionadas con el desarrollo de recursos geotérmicos.
- No se encuentra clara la definición de las licencias de estudios, concesiones y licencias ambientales sobre el desarrollo de generación eléctrica geotérmica en el país y las empresas de energía que realizan estudios de desarrollo (ISAGEN y EPM) adelantan los trámites bajo su propia interpretación. En la actualidad, se están presentando las siguientes problemáticas.
- Respecto a las concesiones, no hay definición sobre el establecimiento del área y la relación entre el terreno y los recursos subterráneos, debido a lo cual ISAGEN y EPM están solicitando concesiones simultáneamente sobre los supuestos mismos recursos geotérmicos.
- No está aclarado el método para la autorización de estudios y el otorgamiento de licencias ambientales, en caso de que la solicitud involucre varias jurisdicciones gubernamentales, lo cual dificulta la coordinación entre las jurisdicciones, haciendo estancar esencialmente la revisión para la autorización de la solicitud.
- Formulación de los ToR del estudio de consideraciones socio ambientales.
- Para los estudios de impacto ambiental (EIA) para la obtención de las licencias ambientales, tampoco se encuentra preparado un ToR (Términos de Referencia) para el desarrollo de generadoras geotérmicas, por lo cual los ejecutores de los proyectos dan respuesta individualmente, tomando el ToR de EIA relacionado con el desarrollo de petróleo y minería. Debido a esto, se presentan situaciones de atasco de los trámites de inspección por parte de la dirección ambiental, siendo un gran obstáculo para la promoción del desarrollo de generadores de energía geotérmica en este país.
- Debido a que no se encuentra preparado el ToR de EIA, la autoridad ambiental debe examinar cada vez el estudio del EIA preparado individualmente por el ejecutor del proyecto.
- Además, por falta de experiencias sobre el desarrollo geotérmico, la autoridad ambiental no puede evaluar las tecnologías, parando esencialmente los trámites para otorgar licencias ambientales.

En la

**Tabla 3.3-1** están resumidos los tipos de concesiones y licencias ambientales, relacionados con el desarrollo geotérmico, así como el período de obtención de las solicitudes y las autoridades

competentes respectivas. Asimismo, respecto a cada licencia, existen problemáticas sobre la organización, tal y como están indicadas en la misma tabla, por lo que se promueve ahora el ordenamiento de leyes bajo la iniciativa del gobierno central.

El estudio para verificar recursos, que implica la perforación exploratoria, corresponde a la etapa de exploración y se debe conseguir la licencia ambiental correspondiente.

**Tabla 3.3-1 Concesiones / Licencias Ambientales y sus Problemáticas Relacionadas con el Desarrollo Geotérmico**

Tipo	Etapa de desarrollo	Jurisdicción		Problemáticas sobre la organización
1) Concesión	<u>1. Etapa de exploración</u> Exploración de los recursos <u>2. Etapa de exploración</u> Desarrollo / uso de los recursos	MME		Es necesaria la organización de la definición, clasificación, relación entre el terreno y los recursos subterráneos, período de concesión y métodos específicos de los proyectos objeto.
2) Autorización de estudio	Estudio superficial (Actos que no requiere EIA como geología, geoquímica y exploración geofísica, etc.)	Administración regional		En caso de que se crucen varias jurisdicciones gubernamentales, es necesario aclarar el método para otorgar los permisos, y la respuesta en casos de que se entreguen varias solicitudes de la misma región por la misma entidad. El plazo de vigencia actual de dos años es insuficiente para ejecutar el estudio de prefactibilidad.
3) Licencias ambientales	<u>1. Etapa de exploración</u> Revisión de los recursos por prospección	<b>10~100 MW</b>	<b>&gt; 100 MW</b>	Igual a 2). Es necesaria la formulación de TOR de EIA, de acuerdo a cada etapa de desarrollo. En el régimen vigente, los proyectos de generación eléctrica inferior a 10MW no requieren licencia ambiental.
	<u>2. Etapa de explotación</u> Pozos de producción, perforación de pozos de reducción, construcción de centrales eléctricas, etc.	Administración local (Corporación regional autónoma)	ANLA	

Fuente: JST

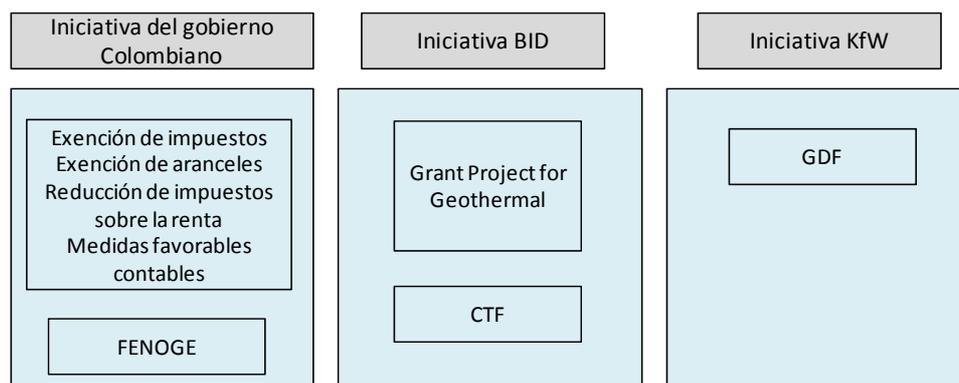
### 3.4 Cooperación Financiera para el Desarrollo de Energía Geotérmica

El desarrollo geotérmico cuenta con altos riesgos en la etapa inicial de exploración, y se presentan numerosos casos de proyectos que poseen problemas al reunir los recursos en esta etapa. Posteriormente, también se presentan riesgos en la perforación de los pozos de producción, para la cual es decisiva en el éxito del proyecto la forma de mitigar los riesgos. El esquema de obtención de fondos y mitigación de riesgos geotérmicos aplicable en Colombia actualmente, se indica en la **Figura 3.4-1**. (FENOGE está establecido como sistema, aunque se encuentra en trámites de organización, por lo cual su esquema de financiamiento, por parte de otras entidades que no sean del gobierno, todavía no está definido y ahora se prepara su funcionamiento.)

A continuación, se indica el contenido que aborda cada una:

### 3.4.1 Iniciativas del Gobierno

El apoyo relacionado con la geotermia, por políticas del gobierno colombiano, se centra en medidas de exención de impuestos hacia los empresarios; hasta el momento no se han considerado subsidios, garantías de financiación, contribuciones de presupuesto gubernamental y sistemas de compra a tarifas fijas entre otros. A continuación, se resumen las políticas aplicadas actualmente:



Fuente: JST

**Figura 3.4-1 Esquema de Obtención de Fondos y Mitigación de Riesgos en el Desarrollo de Generación Geotérmica<sup>1</sup>**

#### (1) Correspondencia financiera / administrativa de exención de impuestos.

Se toman como fundamentos legales las disposiciones preferentes del desarrollo de energía renovable establecidos en la ley colombiana 1715 de 2014. Su principal contenido es el siguiente (Tabla 3.4-1):

**Tabla 3.4-1 Disposiciones Preferentes Relacionadas con el Desarrollo de Energía Renovable**

No	Artículo	Contenido de las disposiciones preferentes
1	Impuestos a personerías jurídicas	Se acepta la desgravación del 50% del monto total invertido durante 5 años.

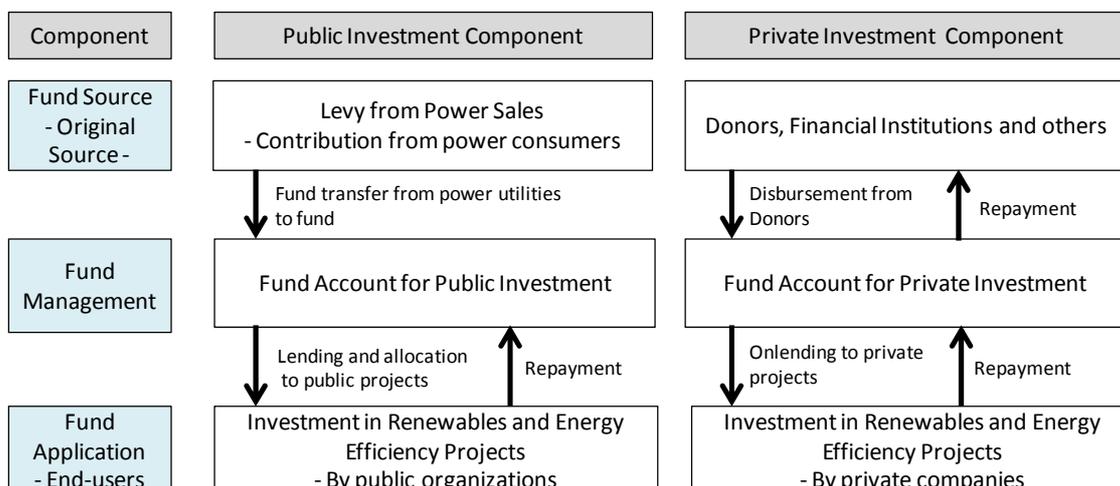
<sup>1</sup> BID está ejecutando el programa CORE en coordinación con JICA y podría haber el financiamiento con crédito sindicado mediante el mencionado programa. Sin embargo, todavía la maduración de proyectos es baja y el apoyo para la inversión en infraestructuras es un desafío a considerar de ahora en adelante. El programa CORE se refiere al “Cofinanciamiento para Energía Renovable y Eficiencia Energética (CORE) en América Central y el Caribe”, firmado entre JICA y BID el 29 de marzo de 2014. Este programa consiste en formular proyectos, aprovechando los conocimientos y experiencias de BID, que es el mayor donante de América Central y el Caribe para contribuir a las medidas de mitigación del cambio climático de la región. Actualmente, el Banco de Desarrollo del Caribe también es objeto de la aplicación del programa CORE.

No	Artículo	Contenido de las disposiciones preferentes
2	Disposiciones preferentes en el sistema del IVA	Se realiza exención en el IVA para maquinaria y dispositivos.
3	Aranceles de importación	Se realiza exención de aranceles para la importación de maquinaria y dispositivos.
4	Tratos favorables contables	Se acepta la aceleración de la depreciación de activos fijos

Fuente: JST.

## (2) Fondo de Energías Renovables y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE)

FENOGE es un fondo establecido por la ley colombiana 1715 de 2014. Por otra parte, en el plan de desarrollo nacional (2014-2018), también se describen el abordaje del ahorro energético y desarrollo de energía renovable. Si bien es cierto que dicho fondo ya está creado institucionalmente, el propio fondo aun no está formado y por consiguiente, no está definida su envergadura de recursos ni la fecha de inicio de operación. FENOGE tiene 2 componentes como los proyectos públicos, por los órganos gubernamentales, y los proyectos de inversión privada, por las empresas privadas (**Figura 3.4-2**). Por el momento está planificado operarlos con cuentas separadas.



Fuente: JST

**Figura 3.4-2 Flujo de los Recursos FENOGE**

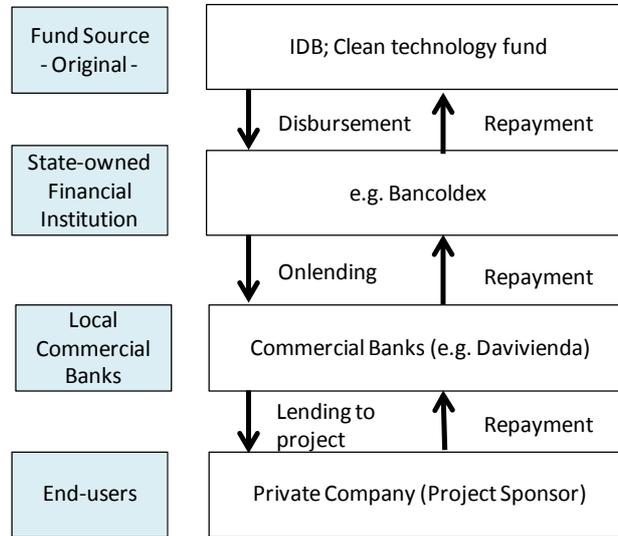
### 3.4.2 Iniciativas del BID

En el BID, el CTF actual se ha implementado, así como los Grant Project.

#### (1) Clean Technology Fund (CTF)

Con respecto al desarrollo geotérmico, el Fondo para una Tecnología Limpia (CTF por sus siglas en inglés) de BID cuenta únicamente con un proyecto de cooperación no reembolsable, en el cual se otorga un fondo no reembolsable a Bancóldex, una entidad financiera gubernamental para atender a los riesgos de la geotermia. Está diseñado que al ejecutar efectivamente desarrollo se subprestarán los recursos de crédito a las instituciones financieras privadas a través de Bancóldex. Es un mecanismo en el cual las empresas o instituciones que invierten reciben recursos de BID por parte de la banca privada mediante las instituciones financieras

gubernamentales como Bancóldex. En la **Figura 3.4-3** muestra un ejemplo de subprestación de recursos aplicada a los proyectos como los de uso racional de energía.



Fuente: JST

**Figura 3.4-3 Flujo de Recursos CTF (proyectos de ahorro de energía)**

**(2) Grant Project**

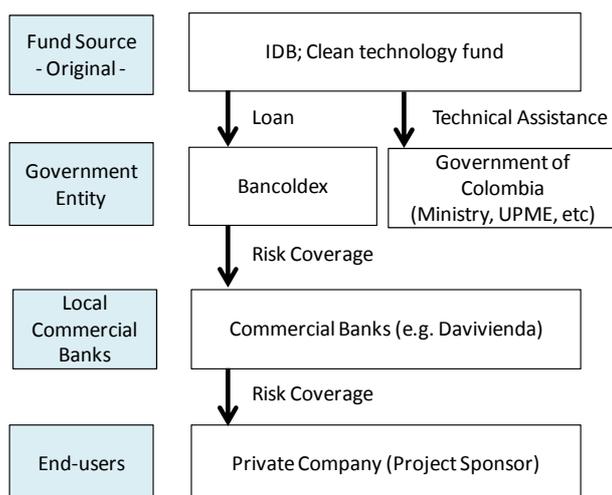
La **Tabla 3.4-2** muestra un resumen del proyecto de cooperación técnica no reembolsable arriba mencionado. Aunque se presume que corresponde principalmente a los proyectos geotérmicos de ISAGEN, se observa poco avance en efecto de perforación exploratoria debido a la evaluación ambiental. La cooperación de BID se efectúa con fondos no reembolsables y consiste en brindar una asistencia técnica para evaluación técnica y modificación de regulaciones relacionadas al proyecto, así como compensar los riesgos para la perforación de pozos exploratorios, con el objetivo de promover el desarrollo geotérmico.

**Tabla 3.4-2 Resumen de la Cooperación Técnica No Reembolsable del BID**

No	Artículo	Contenido
1	Objetivo	Resolver los cuellos de botella de la generación geotérmica en Colombia y provisionar un mecanismo de financiamiento para apoyar la promoción de desarrollo. Concretamente, compensar el riesgo en caso que se haya fracasado la perforación exploratoria en el desarrollo geotérmico por la empresa privada. Asimismo, impulsar el desarrollo geotérmico a través del esquema de asistencia técnica no reembolsable en el país, que cuenta con poca experiencia de desarrollo geotérmico.
2	Nombre del proyecto	Programa de financiamiento y transferencia de riesgos para energía geotérmica
3	Entidad de implementación	Bancoldex
4	Recursos	BID (Clean Technology Fund, Grant) Monto total US\$ 9.53 mil.
5	Contenido de la cooperación	(a) Componente 1 - Fondo de recuperación contingente. Es suministrado por Bancoldex Compensación de los riesgos de los empresarios por prestamos recibidos para la perforación de pozos exploratorios (b) Componente 2 - Asistencia técnica (TA). Asistencia técnica para evaluación técnica y modificación de regulaciones relacionadas al proyecto (No se publica información respecto a la distribución de recursos a cada componente. A cada componente será otorgado de una manera no reembolsable)
6	Inicio del proyecto	Cuarto trimestre de 2015

Fuente: JST

Como se muestra en la siguiente figura, el esquema de apoyo a los proyectos abarca el apoyo a las organizaciones gubernamentales, junto con la cobertura de riesgos de la perforación exploratoria de las empresas privadas.



Fuente: JST

**Figura 3.4-4 Esquema de Grant Project del BID (proyectos geotérmicos)**

### 3.4.3 Iniciativas de KfW

Además de la asistencia técnica a FENOGE, descrita anteriormente, KfW brinda apoyo global para el desarrollo geotérmico. Geothermal Development Facility (GDF) es parte de éste y se indica a continuación su resumen (**Tabla 3.4-3**).

**Tabla 3.4-3 Resumen del Apoyo en Energía Geotérmica de KfW**

No	Artículo	Contenido
1	Objetivo	Apoyar la activación de la generación de energía geotérmica en Latinoamérica
2	Establecimiento	Plan de inicio de recepción de propuestas en el primer trimestre de 2016 Plan del primer contrato Grant en el primer trimestre de 2017
3	Organizaciones participantes	KfW, EC, IDB, EIB, WB, CAF, AFD, JICA, BCIE, ESMAP, NDF, GIZ, BGR
4	Contenido de la cooperación	(a) Etapa de estudio y exploración - GDF Grant: Recursos de estudio de pre factibilidad, perforaciones delgadas (slim hole drillings), estudio geológico - GDF Risk Mitigation Fund ; Contingent Grant Hasta 40% de los costos de exploración, hasta 3 pozos Máximo 6.0 mil euros Pruebas de pozos exploratorios, estudios de factibilidad (b) etapa de perforación de pozos de producción - GDF Bridge Financing Lines Pozos de producción, reducción de riesgos de perforación de pozos, costos de pruebas - Reaseguramiento por Munich Reinsurance (c) Etapa de desarrollo de campo / planta de generación eléctrica - GDF Investment Financing Lines: Financiamiento de recursos de construcción Incluye los costos de construcción para la conexión de la zona interconectada (d) Otros - Asistencia técnica / política de diálogo / coordinación
5	Entidades / empresas objeto	Entidades, privadas, públicas o conjuntas
6	Fuente de recursos prevista	- Etapa de estudio y exploración Recursos GDF - Etapa de perforación de pozos de producción - KfW, CAF, BCIE, (en Chile, CTF del BID) - Etapa de desarrollo del campo / plantas de generación eléctrica KfW/CAF, KfW/BCIE, WB, BID, EIB, JICA, Privados

Fuente: JST

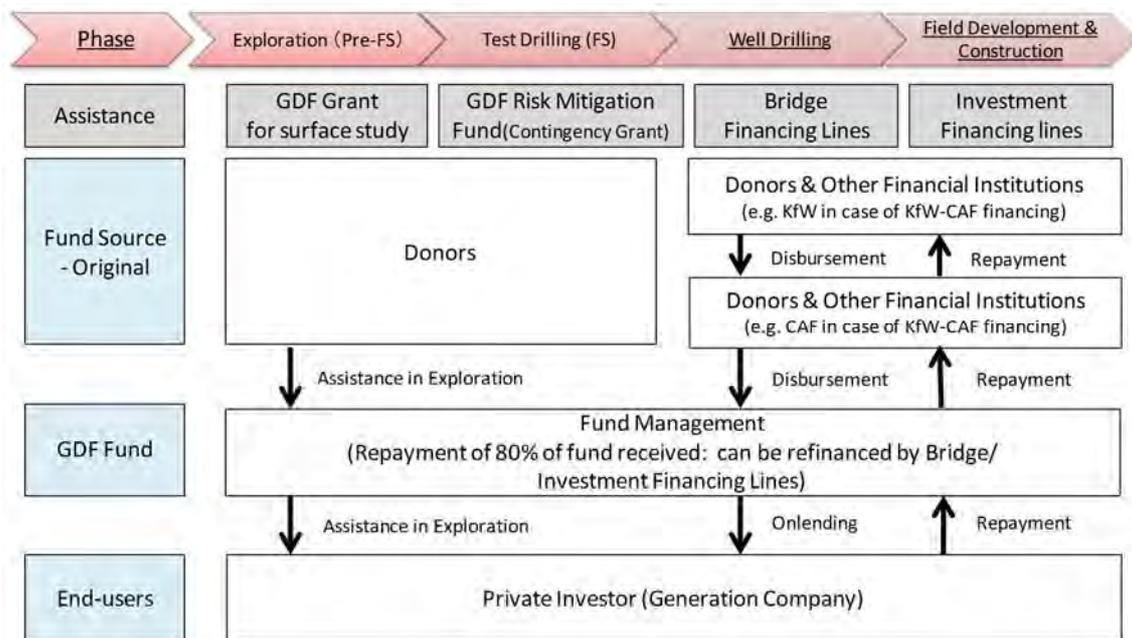
KfW considera constituir un (1) proyecto por país. En Colombia, actualmente tres (3) empresas: EPM, ISAGEN y ENEL, se encuentran principalmente preparando proyectos, por lo cual se considera que se estudiará la respuesta del GDF, de acuerdo a los avances de los estudios de los proyectos en adelante.

El flujo de los recursos del GDF es presentado en la **Figura 3.4-7**:

Los fondos del GDF son suministrados por donantes o instituciones financieras y éste brinda asistencia técnica y financiación de acuerdo con cada etapa del proyecto. En la etapa de estudio superficial y estudio de prefactibilidad, básicamente se efectúa asistencia técnica con fondos no reembolsables. Mientras tanto, en la etapa de perforación de pozos exploratorios y de producción y en la etapa de desarrollo de centrales se efectúan préstamos de fondos necesarios.

### 3.5 Investigaciones para el Desarrollo Geotérmico por Parte del Gobierno

En Colombia se han realizado muchos esfuerzos para lograr un desarrollo de energía geotérmica. A la fecha, no se ha logrado avanzar más allá de estudios superficiales y un par de perforaciones profundas con resultados no concluyentes.



Fuente: JST

**Figura 3.5-1 Flujo de los Recursos GDF**

El fondo de GDF es desembolsado de un donante o de una institución financiera, y es asignado al proyecto a través del mismo Fondo, mediante la asistencia técnica o financiamiento en cada una de sus etapas. Para la fase de formulación del proyecto (estudio superficial y excavación experimental), básicamente se otorga la cooperación técnica en el marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable, mientras que para la fase de la perforación de los pozos de producción y de la construcción de las centrales geotérmicas, se otorgan los recursos de préstamo.

#### 3.5.1 Iniciativas para el Desarrollo de Generadoras de Energía Geotérmica por SGC

##### (1) Resumen del Servicio Geológico Colombiano (SGC)

El Servicio Geológico Colombiano (SGC) (antes INGEOMINAS), fue establecido en 1916 con el objetivo de la exploración de recursos geológicos y mineros en Colombia. Desde entonces, se encarga de los estudios de inventario de minería, estudios de volcanes, recolección de información básica de gestión de recursos subterráneos y su divulgación, con el objetivo de

aportar al desarrollo de la sociedad y economía del mismo país. En noviembre de 2011, INGEOMINAS fue reestructurado a SGC.

El resumen de las funciones de SGC es el siguiente.

- Estudios básicos geoquímicos
- Identificación de recursos subterráneos potenciales
- Evaluación y monitoreo de desastres geológicos
- Gestión integral de la información geoquímica
- Investigación relacionada con las técnicas de energía nuclear y gestión de materiales radioactivos

## (2) Resumen Organizacional de SGC

Los expertos relacionados con el desarrollo geotérmico, dentro de la organización de SGC, son actualmente 10 personas, de los sectores de geología, geoquímica y geofísica, entre otros. El presupuesto general del ejercicio 2016 de SGC fue 57.131 millones de COP, en el cual el presupuesto anual del sector de desarrollo geotérmico ha sido 700 millones de COP. Para el ejercicio 2017 está programado realizar el primer estudio de perforación de pozos de gradiente térmico a cargo de SGC y está previsto destinar un presupuesto de 7.000 millones de COP.

## (3) Estudios de desarrollo geotérmico por SGC

A continuación, se indica el resumen de los estudios relacionados con el desarrollo de generación geotérmica realizados por SGC:

### a) Estudio de potencial en zonas prometedoras de geotermia

SGC se encuentra realizando principalmente las siguientes dos labores relacionadas con el desarrollo geotérmico, que son: 1) Elaboración del mapa de potencial de temperatura del suelo nacional y 2) Estudio de inventario de manifestaciones geotérmicas nacionales. Para 2017 está programado realizar el estudio de recursos mediante perforación de pozos de gradiente térmico en el campo geotérmico Paipa.

### b) Situación de desarrollo del potencial sistema geotérmico

A continuación, se indica la situación de avance de los estudios en los cinco (5) sitios de mayor prioridad con potencial geotérmico (**Tabla 3.5-1**).

Tabla 3.5-1 Situación de los Estudios de Desarrollo Geotérmico de SGC

No.	Zona geotérmica	Ejecutante de estudio/desarrollo	Orden de prioridad*	Estudio geológico 1:25,000	Estudio geoquímico	Exploración geofísica				Modelado 3D	Perforación exploratoria
						Gravimetría	Magnetometría	Geoeléctrica	MT		
1	Paipa	SGC	Medio-alto	X	X	X	X	±	X	X	-
2	Azufra	SGC	Alto	X	X	X	X	X	X	-	-
3	San Diego	SGC	Mediano - alto	X	X	X	X	-	-	-	-
4	Nevado del Ruiz	ISAGEN /EPM	**	-	-	X	X	X	X	X	X
5	Tufino, Chiles	ISAGEN	**	-	-	±	±	±	±	±	-

\*: Según resultados de estudios existentes

x: ejecutado, ±: en ejecución, -: no ejecutado

\*\* : No está clasificado por prioridad debido a que se transfirió a las empresas privadas como agente de estudio. Asimismo, en cuanto al estudio geológico, estudio geoquímico y exploración geofísica de las zonas No. 4 y No. 5, al principio el SGC también cooperaba en el estudio, pero en la actualidad se efectúan estudios sólo por parte de las empresas privadas.

Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2016

## CAPITULO 4. Recomendaciones para Promover el Desarrollo Geotérmico

### 4.1 Organización de Sistema Legal Relacionado a la Gestión de Recursos Geotérmicos

#### 4.1.1 Desarrollo del sistema legal sobre concesiones, autorización de estudios y licencias ambientales

Actualmente (a agosto de 2016), se encuentra instalada la mesa de trabajo conformada por MME, SGC, UPME, ANLA y MADS, la cual está a cargo del establecimiento del marco legal general para el desarrollo de recursos geotérmicos, a través de un decreto técnico. Para la definición del marco legal general sobre las concesiones, autorización de estudios y licencias ambientales, es indispensable un conocimiento especializado, relacionado al desarrollo geotérmico y es requerido el asesoramiento por parte de expertos.

Asimismo, respecto al marco legal relacionado con las licencias, actualmente las organizaciones relacionadas de Colombia han iniciado el análisis, aunque de ahora en adelante sería necesario ordenar el marco legal general, prestando atención a los siguientes aspectos:

1. Ordenamiento de los roles de las organizaciones relacionadas: Aclarar los roles de las respectivas organizaciones relacionadas con las concesiones de zonas geotérmicas (autorización de proyectos) que el MME otorgue bajo un nuevo marco legal.

2. Definición de los recursos geotérmicos y ordenamiento de sus derechos de posesión: La autoridad competente es el MME y el SGC le brinda asistencia técnica. Las concesiones se otorgarán en dos etapas: etapa de exploración del área objeto del desarrollo (se incluye perforación exploratoria) y etapa de explotación. Se debe ordenar la definición de los proyectos objeto (escala de generación de energía eléctrica, entre otros.)

3. Ordenamiento de los tipos de licencia ambiental: En cuanto a los permisos de

estudio, concesiones de agua y permisos de exploración (estudio superficial, sondeo), gobiernos locales y el MADS son las autoridades competentes.

4. Autoridades emisoras de licencias ambientales: La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) son las autoridades competentes de la emisión de licencias ambientales.

5. Método para identificar las concesiones adecuadas: el MME controlará las concesiones mediante evaluación individual o licitación competitiva.

6. Período adecuado de licencia de concesión: La autoridad competente es el MME.

7. Método de establecimiento de las áreas de concesión: Los trámites de concesión se llevarán a cabo en el MME u otra autoridad relacionada.

#### **4.1.2 Elaboración de los términos de referencia (ToR) del estudio de las consideraciones sociales y ambientales**

Se requiere definir en brevedad los términos de referencia (ToR) del EIA exclusivamente para el desarrollo geotérmico. Su elaboración requiere del asesoramiento de los expertos en geotermia, y se espera que sean elaborados los ToR que tomen en cuenta la evaluación del impacto de la excavación de los pozos geotérmicos, así como el impacto al entorno acuático local (disponibilidad del agua de perforación, contaminación de agua, reducción del nivel freático, entre otros).

#### **4.1.3 Desarrollo de Habilidades de Entidades Gubernamentales de Gestión Ambiental**

##### **(1) MADS**

Para el MADS se considera brindar el apoyo para (1) formular los TdRs de EIA y (2) la asistencia técnica para la capacitación de los funcionarios en manejo ambiental en el desarrollo geotérmico.

- Apoyo para formular los TdRs de EIA
- El MADS debe encargarse de la formulación de TdRs de EIA relacionados con el desarrollo geotérmico, lo cual está establecido también en la Ley No.1715 (Año 2014).
- Debido a que todavía no hay centrales geotérmicas en Colombia, no hay formado un personal experto que tenga conocimientos técnicos de las diferentes partes del desarrollo, que van desde el estudio del desarrollo geotérmico hasta la puesta en operación. Por consiguiente, se brindará servicio de asesoramiento en la mesa de trabajo, entre otros, sobre técnicas de desarrollo geotérmico y consideraciones ambientales características para este tema; por ejemplo, las agencias de ayuda, tales como JICA envían expertos al MADS para la elaboración de los ToR de EIA. Especialmente, pueden citarse los siguientes como puntos de atención propios sobre la formulación de los ToR de EIA para el desarrollo geotérmico.

(a) Evaluación de impacto por la perforación de pozos geotérmicos (evaluación de riesgos como gases de sulfuro de hidrógeno, tratamiento de lodos de perforación, ruido, vibración y

hundimiento del terreno, entre otros)

(b) Evaluación de impacto al ambiente del agua de los alrededores (aseguramiento del agua de perforación, contaminación del agua, bajada del nivel de agua subterránea, entre otros.)

- Mejoramiento de la capacidad del personal

En el MADS se considera que es necesario fortalecer las siguientes áreas especializadas para consolidar la capacidad de gestión ambiental. Por lo tanto, puede considerarse efectivo organizar cursos de capacitación destinados a estas áreas.

- (a) Evaluación de impacto ambiental y social
- (b) Evaluación y respuesta al ambiente vulnerable
- (c) Conocimientos generales sobre consideraciones ambientales relacionadas con el desarrollo geotérmico
- (d) Conocimientos generales sobre el impacto ambiental por la perforación geotérmica (hundimiento de terreno, entre otros.)

## (2) Corporaciones Autónomas Regionales

Para el desarrollo de centrales de generación de electricidad a partir del recurso de energía geotérmica menores a 100 MW, las Corporaciones Autónomas Regionales realizan la evaluación y emiten las licencias ambientales. Los órganos internos ambientales de dichas corporaciones autónomas afrontan problemas tales como que no cuentan con los métodos establecidos para realizar una evaluación técnica de licencias ambientales, debido a la falta de experiencia de ejecución de manejo ambiental relacionado al desarrollo geotérmico, o que los procedimientos están estancados, ya que no está definida la distribución de facultades entre las administraciones regionales colindantes.

Se considera que la mayoría de las problemáticas, a las que se enfrentan las autoridades ambientales de las entidades gubernamentales, se pueden solucionar con la organización del marco legal asociado a las licencias ambientales y al logro de la formulación de los términos de referencia para los EIA. El punto esencial de la organización del marco legal, asociado a las licencias ambientales, es aclarar lo siguiente:

- (a) Método para otorgar los permisos en caso de que se crucen varias jurisdicciones gubernamentales
- (b) Respuesta en caso de que varios empresarios presenten solicitudes sobre la misma región

## 4.2 Desarrollo de las Habilidades de Estudios Geotérmicos

### 4.2.1 SGC (Servicio Geológico Colombiano)

SGC se encuentra realizando su propio programa para la promoción del desarrollo de recursos geotérmicos en el país. En la tabla siguiente se describe el resumen del contenido de los sectores de posible cooperación técnica, por parte de JICA, organizado según el estudio de las encuestas, relacionadas a las necesidades de SGC, entre otros:

(a) Cooperación técnica: Asesoramiento técnico en cada fase del estudio de recursos geotérmicos

- Se requiere contar con la asesoría técnica de los expertos en cada fase del estudio de los recursos geotérmicos. En particular, se requiere de la asistencia de los expertos en materia de análisis del modelo tridimensional de los recursos geotérmicos que se contempla realizar en un futuro próximo (después de julio de 2016).

(b) Desarrollo de las capacidades: Provisión del programa de capacitación y de certificación al personal de SGC en el tema de desarrollo geotérmico

- Se requiere desarrollar las capacidades del personal mediante la participación en los cursos de capacitación fuera del país (Japón) y dentro del país (enviando los expertos a Colombia para impartir los cursos)

(c) Estudio para la formulación del plan maestro: Priorización de desarrollos, elaboración del mapa de ruta de desarrollo geotérmico en el futuro

- - Asistencia financiera y envío de expertos para re-evaluar el potencial de desarrollo geotérmico mediante la actualización del mapa geotérmico nacional.

(d) Equipos de ensayo (equipamiento del laboratorio): Se requiere equipar las instalaciones de ensayo y experimentos y desarrollar los recursos humanos

Desarrollo de las capacidades del personal de SGC, mediante prácticas, con el uso de las instalaciones de SGC, a través del estudio de casos de las zonas de desarrollo geotérmico.

En la actualidad se puede decir que el SGC cuenta con suficiente experiencia sobre el estudio superficial. Sin embargo, no se ha realizado un estudio de factibilidad incluyendo la perforación exploratoria. En la formación de expertos en geotermia, de ahora en adelante se requiere formar recursos humanos capaces de la formulación de modelos conceptuales de sistemas geotérmicos y de la evaluación del potencial, basados en la interpretación integral de los resultados de estudios de geología, geoquímica y geofísica. Asimismo, de ahora en adelante se espera capacitarse en tecnologías de análisis geológico, geoquímico y tridimensional, a través del estudio de la perforación de pozos planificado en Paipa, así como mejorar el análisis geológico/geoquímico relacionado y la técnica del análisis. Además, se espera que el mejoramiento de la capacidad para evaluar la reserva de recursos geotérmicos permita la elaboración de la hoja de ruta del desarrollo geotérmico de Colombia, contribuyendo a los datos básicos del plan de desarrollo de la matriz energética que formule la UPME.

Para la formación de dichos recursos humanos se requiere una cooperación técnica por los expertos extranjeros, con alto conocimiento especializado; ya que el know-how actual que cuentan los técnicos colombianos es insuficiente. Por ejemplo, se considera válido mejorar la capacidad técnica de los expertos colombianos a través de la ejecución de los proyectos de desarrollo geotérmico dentro y fuera de Colombia con la instrucción de los expertos extranjeros.

Tabla 4.2-1 Asuntos de Cooperación hacia SGC

Sector de cooperación	Importancia	Resumen
1) Cooperación técnica	Alto	Asesoramiento técnico de cada etapa del estudio de recursos geotérmicos, tanto en los temas como en las herramientas a utilizar (geología, geoquímica, geofísica). Además, asistencia en la metodología de integración de información para la generación de modelos y aprender de experiencias del extranjero. Los miembros del equipo de geotermia del SGC requieren fortalecimiento en educación formal (maestrías y doctorados, entre otros). Generalmente, el tiempo de capacitación con expertos es limitado a 1 semana y se desea el envío de expertos por meses para posibilitar un <u>entrenamiento mientras se realiza el trabajo (on-the-job training)</u> .
2) Mejoramiento de habilidades	Alto	La mayoría de técnicos cuentan con un contrato a plazo de 1 año y como directrices del gobierno colombiano, ellos no pueden participar en programas de capacitación al exterior del país (incluyendo capacitaciones JICA en Japón). Como se puede observar, el status laboral de la mayoría de los miembros del proyecto de geotermia en el SGC no es estable. ¿Qué posibilidad habría de que JICA les dé privilegios para estudios formales en Japón, dado que estas personas han estado vinculadas al proyecto geotérmico por al menos 4 años?
3) Estudio de formulación del Plan Maestro	Alto	-- Se evalúa la posibilidad de la reevaluación del potencial de desarrollo geotérmico del mismo país, por medio de los estudios de actualización del mapa potencial geotérmico del país. - Para la evaluación de los recursos al interior del estudio del plan maestro, se requiere en lo posible de la ejecución de la exploración geofísica (gravimetría satelital), entre otros, considerando aspectos geológicos y de las otras ciencias de la tierra, para una evaluación más detallada de la cantidad de recursos. - Dentro del presente estudio, se propone la ubicación por prioridades de desarrollo, la elaboración el mapa de potencial geotérmico a futuro, tomándolos como información básica para los planes de desarrollo energético del gobierno, incluyendo la geotermia, e impulsando la participación de las empresas privadas. - Asistencia técnica para modelación de detalle del potencial, del sistema geotérmico de Paipa, como etapa final del plan maestro para este sistema.
4) Infraestructura de ensayos (laboratorios)	Bajo	Las instalaciones para pruebas se encuentran suficientemente mantenidas, en cambio es necesaria la capacitación práctica por medio de los estudios de casos (por ejemplo, inclusiones fluidas)

Fuente: JST

#### 4.2.2 Universidad Nacional (UNAL)

El Departamento de Geo ciencias de la UNAL no se encuentra realizando ningún proyecto geotérmico actualmente (mayo de 2016), sin embargo, cuenta con la experiencia de haber realizado el estudio de recursos geotérmicos de ISAGEN en la zona volcánica del Nevado del Ruiz en el año 2011. En este departamento tienen organizado un sistema que hace posible la ejecución de estudios in situ y análisis geológicos, geosféricos, y de exploración física, en relación con estudios de pre factibilidad. Para aprovechar suficientemente estos recursos, se pueden tener en cuenta los siguientes temas:

(a) Ejecución de estudio de prefactibilidad

Es posible encomendar a UNAL los estudios de geología, geoquímica y geofísica en el estudio de prefactibilidad del desarrollo geotérmico en Colombia, el cual permitirá formar expertos geotérmicos del país. Además, se puede analizar la utilización de un sistema colombiano, por el cual cuando una empresa privada realiza un proyecto en asociación con UNAL el desarrollador puede recibir tratamiento favorable tributario mediante certificación del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias).<sup>1</sup>

(b) Mejoramiento de la capacidad técnica para el desarrollo geotérmico mediante el envío de expertos en geotermia

Para formar los especialistas en geotermia, se requiere impartir capacitación en la elaboración del modelo conceptual, evaluación del potencial geotérmico, interpretando integralmente los resultados de los estudios geológicos, geoquímicos, geofísicos, entre otros. Para esta formación se requiere contar con conocimientos altamente especializados de los expertos extranjeros para complementar el vacío de los conocimientos y experiencias en Colombia. La participación en un proyecto real de desarrollo geotérmico dentro o fuera del país bajo la asistencia de los expertos podría ser una opción efectiva para potenciar la capacidad técnica de los especialistas colombianos.

**(1) Ejecución del Estudio de Pre Factibilidad**

Se colabora con la UNAL para el estudio de pre factibilidad de desarrollo geotérmico al interior de Colombia. Con esto se posibilita la formación de expertos en energía geotérmica al interior del país. Adicionalmente, al recibir la aceptación de Colciencias, se logran los mecanismos favorecedores tributarios para los agentes desarrolladores.

**(2) Envío de Misiones de Expertos en Geotermia**

La formación de expertos en geotermia es necesaria para interpretar integralmente los resultados de estudios geológicos, geo científicos y geofísicos, y tener la capacidad de elaborar modelos geotérmicos conceptuales y evaluaciones de potencial. Debido a esto, es necesario un conocimiento especializado, siendo insuficiente el conocimiento actual al interior de Colombia, por lo que es necesario el apoyo técnico de expertos del exterior. Bajo instrucción de expertos, se requiere el mejoramiento de las técnicas de los técnicos colombianos; por medio de la realización de proyectos de desarrollo geotérmico, con prácticas al interior y exterior del país.

---

<sup>1</sup> El Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) es la entidad encargada de promover la innovación de tecnologías en Colombia. Cuando una empresa privada y una institución de investigación gubernamental ejercen conjuntamente un proyecto, que coincida con este objetivo, podrán obtener tratos impositivos preferenciales como los descritos a continuación, si solicitan a este departamento la autorización del proyecto y reciben tal autorización: 1) Desgravación del impuesto sobre la renta hasta el 40% como máximo. 2) Exención del impuesto al valor agregado de los artículos importados relacionados con la investigación y desarrollo.

### **4.3 Formulación de proyectos a pequeña y mediana escala para zonas no interconectadas**

En Colombia, se cuenta con una institución gubernamental que se preocupa por llevar electricidad a las zonas que, por su posición geográfica, no pueden acceder a la red nacional de transmisión eléctrica y, por tal motivo, su nivel de desarrollo es menor que el resto del país que si cuenta con esta facilidad.

La entidad responsable de llevar electricidad a estas zonas no interconectadas es el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas – IPSE, que es parte del Ministerio de Minas y Energía – MME. La definición de estas zonas se encuentra legislada por el Artículo 1° de la Ley 855 de 2003.

Para introducir la energía geotérmica en las zonas no interconectadas es necesario realizar los siguientes estudios:

- Evaluación del potencial geotérmico regional de las zonas periféricas no interconectadas
- Estudio de factibilidad de proyectos de generación, de acuerdo con la superposición de los mapas de las zonas no interconectadas con necesidad de instalaciones de generación eléctrica y el de potencial geotérmico.
- Comparación con la conexión de otros métodos de generación eléctrica, así como la conexión al SIN
- Ejecución del estudio de factibilidad y proyectos piloto

### **4.4 Soporte Técnico y Económico para la Ejecución de Proyectos**

Dentro de las empresas que estudian el desarrollo geotérmico y que están relacionadas a la energía eléctrica actualmente en Colombia se encuentran: EPM, ISAGEN y el grupo ENEL. En la entrevista con ISAGEN no se presenció interés activamente en una cooperación bajo el apoyo de JICA a futuro; también, fue muy poco el suministro de información logrado por parte de ellos.

Por otra parte, por parte de EPM, la cual demostró especialmente interés en la cooperación con JICA dentro del estudio in situ, se ha recibido el deseo de apoyo técnico e intercambio de información a través de una carta de solicitud de cooperación técnica. El contenido se indica a continuación. En éste principalmente se incluye la cooperación técnica, suministro de recursos necesarios para el estudio de factibilidad y cooperación y apoyo para la gestión de riesgos.

- (i) Estudio de prospección para el desarrollo geotérmico
- (ii) Asistencia técnica relacionada a la perforación de pozos exploratorios
- (iii) Asistencia técnica en geotermia
- (iv) Apoyo en el modelado de recursos geotérmicos
- (v) Planeación / diseño de plantas eléctricas
- (vi) Consideraciones socio ambientales
- (vii) Análisis financieros

### **4.5 Asistencia Técnica a MME y UPME**

A continuación, se indican los aspectos identificados como problemáticas importantes a abordar por parte del Ministerio de Minas y Energía (MME) y la Unidad de Planeación Minero

Energética (UPME), entidades encargadas de las políticas de desarrollo geotérmico del gobierno colombiano:

- a) Condiciones ambientales de las zonas de desarrollo geotérmico, como parques nacionales y áreas protegidas, entre otros
- b) Organización detallada de las licencias de exploración, de desarrollo geotérmico y derechos de concesión (período, proceso, condiciones y número de derechos)
- c) Sostenibilidad de los recursos geotérmicos
- d) Organización de la infraestructura (vías de acceso, instalaciones de drenaje, instalaciones base de desarrollo)
- e) Desafíos relacionados con la contaminación ambiental u otros temas (agua, sustancias químicas, materiales de construcción, ruidos, drenaje de agua, disposición del terreno, entre otros)
- f) Problemáticas de seguridad (reventón de pozo durante la perforación, trabajo en la zona alta, entre otros)
- g) Problemáticas sociales

Debido a las características técnicas del desarrollo geotérmico (riesgo del período inicial, largo plazo de desarrollo, temas de financiamiento y conocimiento especializado), en algunos casos de desarrollo de otros países, se consolidan apoyos con la iniciativa del gobierno, además de las gestiones de donantes y empresas privadas. En Colombia se ha estado ejecutando desarrollo de proyectos de generación eléctrica con la iniciativa privada, como política del Estado; sin embargo, respecto al desarrollo geotérmico aun no se ha obtenido logros relevantes, debido a que la balanza de riesgo y retorno no ha sido atractivo, en comparación con las demás opciones de desarrollo de la matriz energética. Es por ello, que se espera que el gobierno revise el contenido de apoyos, tomando como referencia las políticas de otros países. Las medidas de apoyo o promoción que podrían tomar son las siguientes:

- a) Mecanismo de compra a precio fijo
- b) Mecanismo de asignación de capacidad de generación para el logro de metas de desarrollo geotérmico
- c) Apoyo financiero y económico para proyectos de estudios de recursos geotérmicos y proyectos para impulsar su socialización (subsido de estudios, entre otros)
- d) Apoyo relacionado a estudios de perforación exploratoria (garantía de pasivos, prestamos con condiciones favorables, prestamos públicos (inversión), entre otros)
- e) Apoyo financiero para la ampliación de actividades de Investigación y Desarrollo
- f) Mecanismo de subsidio como estrategia regional
- g) Estudios relacionados a los derechos de posesión de recursos geotérmicos (transferencia a los fondos de fideicomiso locales, entre otros)
- h) Apoyo en financiamiento y administración para la formación de recursos humanos
- i) Aseguramiento del presupuesto gubernamental para estudiar la optimización y materialización
- j) Asociación con empresas privadas en la formulación de políticas como la revisión de riesgo de desarrollo o la distribución de costos

Puede considerarse que la posibilidad de realizar y promover estas medidas de apoyo y fomento depende de las futuras iniciativas. Es decir, para la promoción son importantes las iniciativas de ambas partes: por una parte, el ofrecimiento de apoyo y cooperación por parte de donantes y por otra parte, la realización voluntaria por parte del gobierno. Respecto al apoyo por parte de donantes, como el caso de apoyo no reembolsable del BID, se promueven iniciativas relacionadas con la regulación por el gobierno y el marco legal. Sin embargo, todavía no llegan a efectuarse proyectos reales, por lo cual será necesario seguir brindando apoyo. Sin embargo, aunque haya posibilidades de aplicar el GDF (Geothermal Development Facility), en la actualidad no hay donantes que planifiquen apoyar específicamente a Colombia excepto BID y KfW. Por otra parte, si bien el gobierno colombiano reconoce la importancia de las energías renovables, considera que para efectuar iniciativas especificadas en geotermia es necesario fortalecerse más.

#### 4.6 Apoyo Financiero

De acuerdo al esquema de apoyo financiero de JICA, se presentan las siguientes opciones omitiendo garantías, pólizas e inversión y se maneja centrado en financiamiento<sup>1</sup> (ver **Tabla 4.6-1**).

Cabe recordar que los usuarios finales de los recursos otorgados a Colombia serán principalmente las empresas privadas, como desarrolladores de la generación geotérmica. En el caso de aplicar el esquema vigente del préstamo AOD del Japón, por su naturaleza, va a ser difícil otorgar préstamos directamente a las empresas privadas. En su lugar, se podría pensar en canalizar los recursos con la mediación de una organización gubernamental. Servirá de referencia el esquema aplicado por KfW que otorga financiamiento al desarrollo geotérmico a través de CAF. Por otro lado, el BID, a través del Bancoldex, contempla ejecutar un proyecto de donación contingente. En el caso de que se verifique la existencia de suficientes recursos geotérmicos en la fase de excavación experimental, es posible que el proyecto entre a la fase de construcción. En tal caso, numerosas instituciones financieras mostrarán su interés de otorgar créditos al proyecto, y una de las opciones que podría aplicar es otorgar recursos a las empresas privadas mediante el co-financiamiento con el BID.

En cuanto al GDF, es necesario evaluar cuidadosamente si funcionará exitosamente el Fondo, después de su creación, encaminado al éxito los proyectos financiados, recuperando oportunamente las inversiones, etc. De tener la certeza de que funcionará adecuadamente, sería útil analizar la pertinencia de participar en las actividades del GDF, aportar recursos, entre otros.

En cuanto a FENOGE, todavía no se tiene una clara expectativa de su creación, y tampoco se conocen detalladamente cómo se va a manejar sus recursos. Por lo tanto, se requiere continuar recopilando información y analizar la intervención al FENOGE.

---

<sup>1</sup> Véase el Capítulo 2 respecto a la política de desarrollo y medidas ejecutadas del sector energético de Colombia. Asimismo, si bien el gobierno espera demandas de cooperación por donantes, en cuanto al apoyo a las políticas de desarrollo y a la formación de habilidades, a veces se emprende el desarrollo con la inversión privada, por lo cual no se han podido verificar demandas claras de cooperación financiera.

Tabla 4.6-1 Métodos de apoyo financiero

Método de apoyo financiero	Ventaja	Desventaja
(a) Préstamo para apoyar políticas de desarrollo del sector energético	Es posible apoyar políticas Es posible formular proyectos tomando múltiples organizaciones gubernamentales como entidades ejecutoras	Es difícil realizar apoyo financiero especificado para la geotermia, sobre todo para el desarrollo por parte de empresas privadas
(b) Financiamiento en cooperación con el BID (Esquema CORE, financiamiento a entidades financieras gubernamentales, entre otros)	Se pueden aprovechar experiencias y conocimientos del BID sobre el desarrollo geotérmico También es posible financiar a empresas privadas a través de las entidades financieras gubernamentales.	Para que JICA realice políticas de apoyo originales, es necesario coordinar con la organización con la cual realice financiación
(c) Financiamiento a GDF (Incluye la participación a fondos por medio de financiación a CAF)	KfW y CAF, contrapartes de la cooperación, tienen conocimientos sobre la geotermia, por lo cual puede esperarse el efecto sinérgico <sup>1</sup>	GDF todavía no tiene muchos resultados. Es necesario verificar el grado de madurez del esquema de ahora en adelante incluyendo el régimen de ejecución.
(d) Financiamiento a FENOGE	Es un programa de apoyo financiero del gobierno y está acorde con el esquema actual de préstamos AOD	Todavía no está establecido. Es necesario prestar atención a la tendencia de ahora en adelante.
(e) Préstamo en dos pasos por medio de una entidad financiera gubernamental (FDN o Bancoldex)	Es un programa de apoyo financiero del gobierno y está acorde con el esquema actual de préstamos AOD	Las organizaciones ejecutoras no tienen experiencias

Fuente: JST

<sup>1</sup> KfW tiene experiencia de desarrollo geotérmico en otras regiones como Africa y CAF tiene logros en el desarrollo geotérmico en Chile, entre otros.

# ESTUDIO DE RECOLECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL DESARROLLO GEOTÉRMICO EN COLOMBIA

## INFORME FINAL

**Mapa de Localización**

**Abreviaciones**

**Resumen Ejecutivo**

## Tabla de Contenido

<b>CAPITULO 1. Introducción.....</b>	<b>1-1</b>
1.1 Antecedentes y objetivos del estudio .....	1-1
1.2 Resumen del estudio .....	1-3
<b>CAPITULO 2. Sub-Sector Eléctrico .....</b>	<b>2-1</b>
2.1 Política de Electricidad y Marco Legal .....	2-1
2.2 El Papel de las Organizaciones del Gobierno y del Sector Energético .....	2-2
2.2.1 Dirección .....	2-4
2.2.2 Planeación .....	2-4
2.2.3 Regulación.....	2-5
2.2.4 Consejo y Comité .....	2-6
2.2.5 Mercado.....	2-7
2.2.6 Agentes Económicos del Mercado .....	2-7
2.2.7 Supervisión y Control.....	2-7
2.2.8 Operación y Administración del Mercado .....	2-7
2.3 Organización del Mercado del Sub-Sector Eléctrico .....	2-9
2.3.1 Estructura del Mercado .....	2-9
2.3.2 Agentes del Mercado.....	2-10
2.3.3 Facilidades.....	2-14
2.3.4 Líneas de transmisión del SIN.....	2-15
2.4 Oferta y Demanda .....	2-24
2.4.1 Oferta.....	2-26
2.4.2 Demanda.....	2-29
2.4.3 Estado Actual del Mercado de Energía .....	2-35
2.5 Plan de Desarrollo de Instalaciones para la Generación y Transmisión de Electricidad .....	2-36
2.5.1 Plan para Generación.....	2-37
2.5.2 Plan de Transmisión .....	2-40
<b>CAPITULO 3. Situación Actual y Medidas a Tomar para el Desarrollo de la Energía Geotérmica .....</b>	<b>3-1</b>

3.1	Organizaciones y sus Funciones .....	3-1
3.1.1	Organismos gubernamentales.....	3-1
3.1.2	Desarrolladores.....	3-2
3.1.3	Organismos cooperantes.....	3-2
3.2	Medidas para el Desarrollo de la Energía Geotérmica.....	3-2
3.2.1	Proyectos Geotérmicos en Desarrollo .....	3-5
3.2.2	Barreras que dificultan el desarrollo geotérmico para la generación de electricidad .....	3-5
3.3	Consideraciones Ambientales y Sociales.....	3-9
3.3.1	Resumen del Sector Medioambiental .....	3-9
3.3.2	Ubicación de los Recursos Geotérmicos .....	3-10
3.3.3	Gestión Ambiental Relacionada con el Desarrollo de Generación Geotérmica .....	3-12
3.3.4	Procedimiento de Obtención de la Licencia Ambiental .....	3-16
3.3.5	Problemáticas Relacionadas a las Concesiones y Licencias Ambientales .....	3-18
3.4	Cooperación Financiera para el Desarrollo de Energía Geotérmica .....	3-20
3.4.1	Iniciativas del Gobierno .....	3-20
3.4.2	Iniciativas del BID.....	3-27
3.4.3	Iniciativas de KfW.....	3-31
3.5	Investigaciones para el Desarrollo Geotérmico por Parte del Gobierno .....	3-35
3.5.1	Iniciativas para el Desarrollo de Generadoras de Energía Geotérmica por SGC .....	3-35

#### **CAPITULO 4. Recomendaciones para Promover el Desarrollo Geotérmico ..... 4-1**

4.1	Organización de Sistema Legal Relacionado a la Gestión de Recursos Geotérmicos .....	4-1
4.1.1	Organización del marco legal general .....	4-1
4.1.2	Desarrollo de Habilidades de Entidades Gubernamentales de Gestión Ambiental .....	4-4
4.2	Desarrollo de las Habilidades de Estudios Geotérmicos.....	4-6
4.2.1	SGC (Servicio Geológico Colombiano).....	4-6
4.2.2	Universidad Nacional (UNAL) .....	4-8
4.3	Formulación de proyectos a pequeña y mediana escala para zonas no interconectadas .....	4-10
4.4	Soporte Técnico y Económico para la Ejecución de Proyectos .....	4-14
4.4.1	ISAGEN .....	4-14
4.4.2	EPM.....	4-15
4.4.3	Grupo ENEL .....	4-16
4.5	Asistencia Técnica a MME y UPME.....	4-16
4.6	Apoyo Financiero.....	4-20

#### **Anexos**

Anexo-1 Registros de reuniones

Anexo-2 Referencias

### Lista de Figuras

Figura 1.2-1	Cronograma del Estudio .....	1-4
Figura 2.0-1	Composición de la matriz energética actual en porcentaje.....	2-1
Figura 2.2-1	Esquema Institucional del Sector Energético .....	2-3
Figura 2.3-1	Sistema de Transmisión de Energía Eléctrica en Colombia.....	2-17
Figura 2.3-2	Longitudes de las Líneas de Transmisión del SIN en km .....	2-18
Figura 2.3-3	Comportamiento del Índice de Cobertura de Energía Eléctrica - ICEE en años recientes.....	2-18
Figura 2.4-1	Evolución de la provisión de electricidad en Colombia (2005 – 2015) - GWh.....	2-28
Figura 2.4-2	Capacidad efectiva neta por tipo de generación .....	2-29
Figura 2.4-3	Variación porcentual en la composición de la generación del SIN en años recientes.....	2-29
Figura 2.4-4	Evolución de la demanda de electricidad en Colombia (2005-2015) – GWh .....	2-30
Figura 2.4-5	Variación de la demanda por tipo de mercado en el período 2011 – 2015.....	2-31
Figura 2.4-6	Demanda de energía por actividad económica en el período 2011 - 2015 .....	2-32
Figura 2.4-7	Comportamiento de la Demanda de Energía Anual en Colombia – GWh .....	2-33
Figura 2.4-8	Demanda de Energía por Actividad Económica año 2015.....	2-33
Figura 2.4-9	Demanda Máxima de Potencia en MW período 2011 - 2015.....	2-34
Figura 2.4-10	Energía Transada Durante El Año 2015.....	2-36
Figura 2.4-11	Precios de Bolsa y Contratos Mercados Regulado y No Regulado (Pesos Constantes a Diciembre de 2015).....	2-37
Figura 3.2-1	Campos Geotérmicos Identificados con Mayor Potencial.....	3-4
Figura 3.2-2	Mapa Geotérmico de Colombia año 2000.....	3-6
Figura 3.3-1	Resumen Organizacional del Sector Medioambiental.....	3-10
Figura 3.3-2	Procedimiento de Obtención de las Licencias Ambientales.....	3-17
Figura 3.4-1	Esquema de Obtención de Fondos y Mitigación de Riesgos en el Desarrollo de Generación Geotérmica .....	3-21
Figura 3.4-2	Flujo de los Recursos FENOGE.....	3-27
Figura 3.4-3	Flujo de Recursos CTF (proyectos de ahorro de energía) .....	3-29
Figura 3.4-4	Esquema de Grant Project del BID (proyectos geotérmicos).....	3-30
Figura 3.4-5	Asistencia de GDF por fases .....	3-32
Figura 3.4-6	Seguro de MR.....	3-32
Figura 3.4-7	Flujo de los Recursos GDF.....	3-33
Figura 3.5-1	Organigrama general del SGC.....	3-36
Figura 3.5-2	Resumen Organizacional de SGC .....	3-37
Figura 3.5-3	Esquema de Exploración de Recursos Geotérmicos .....	3-39
Figura 4.2-1	Organigrama del Departamento de Geociencias de UNAL .....	4-9
Figura 4.3-1	Organigrama del IPSE.....	4-11
Figura 4.3-2	Zonas No Interconectadas de Colombia.....	4-12

### Lista de Tablas

Tabla 1.1-1	Matriz energética actual por tipo de planta.....	1-1
Tabla 1.1-2	Evolución de la disponibilidad de generación en Colombia entre 2013 y 2015..	1-1
Tabla 1.1-3	Proyección de matriz energética para Colombia 2020.....	1-2

Tabla 2.1-1	Normatividad Aplicable al Sub-Sector Eléctrico en Colombia .....	2-2
Tabla 2.3-1	Agentes del Mercado .....	2-10
Tabla 2.3-2	Capacidad Instalada por Agente a Diciembre de 2015 .....	2-11
Tabla 2.3-3	Capacidad Efectiva Neta del SIN a Diciembre 31 de 2015 .....	2-12
Tabla 2.3-4	Generación de Energía por Agente 2015 .....	2-12
Tabla 2.3-5	Recurso humano y gestión financiera de ISAGEN en años recientes .....	2-13
Tabla 2.3-6	Recurso humano y gestión financiera de EPM en años recientes .....	2-13
Tabla 2.3-7	Participación en el Sistema de Transmisión Nacional (STN) .....	2-14
Tabla 2.3-8	Capacidad Efectiva por Tipo de Generación .....	2-14
Tabla 2.3-9	Líneas de Transmisión SIN .....	2-16
Tabla 2.3-10	Proyectos de generación para el Escenario 12 del Plan de Expansión 2015-2029 . .....	2-19
Tabla 2.3-11	Proyectos de transmisión del Plan de Expansión 2015-2029 .....	2-20
Tabla 2.3-12	Metas de cobertura del servicio de energía eléctrica según Plan Visión 2019 .....	2-22
Tabla 2.3-13	Comparación de Longitud de Líneas de Transmisión con países andinos.....	2-23
Tabla 2.3-14	Interconexiones Internacionales.....	2-23
Tabla 2.4-1	Proyección de la Potencia Máxima Total Nacional en MW .....	2-25
Tabla 2.4-2	Porcentaje de crecimiento de la Demanda Proyectada de Energía Eléctrica Total Nacional.....	2-26
Tabla 2.4-3	Porcentaje de crecimiento de la Demanda Proyectada de la Potencia Máxima .....	2-27
Tabla 2.4-4	Capacidad Efectiva por Tipo de Generación .....	2-27
Tabla 2.4-5	Demanda de Energía por Tipos de Mercado y Actividades Económicas .....	2-31
Tabla 2.4-6	Variación en el Consumo de Energía Eléctrica por Sector (2003 - 2014) .....	2-34
Tabla 2.4-7	Variables del Mercado .....	2-35
Tabla 2.5-1	Indicadores de Confiabilidad según Resolución CREG 025 de 1995.....	2-38
Tabla 3.2-1	Sistemas Geotérmicos Identificados .....	3-3
Tabla 3.2-2	Estudios para el Desarrollo Geotérmico en Colombia.....	3-7
Tabla 3.3-1	Concesiones / Licencias Ambientales y sus Problemáticas Relacionadas con el Desarrollo Geotérmico .....	3-20
Tabla 3.4-1	Disposiciones Preferentes Relacionadas con el Desarrollo de Energía Renovable .....	3-21
Tabla 3.4-2	Resumen del CTF del BID.....	3-28
Tabla 3.4-3	Resumen de la Cooperación Técnica No Reembolsable del BID.....	3-30
Tabla 3.4-4	Resumen del Apoyo en Energía Geotérmica de KfW .....	3-31
Tabla 3.5-1	Situación de los Estudios de Desarrollo Geotérmico de SGC.....	3-38
Tabla 4.2-1	Evaluación de capacidad de la sección de desarrollo geotérmico.....	4-6
Tabla 4.2-2	Asuntos de Cooperación hacia SGC .....	4-7
Tabla 4.2-3	Evaluación de capacidad del Departamento de Geociencias de UNAL .....	4-9
Tabla 4.3-1	Proyectos de generación eléctrica de la energía renovable en ZNI .....	4-13
Tabla 4.3-2	Proyectos de energías renovables por IPSE-CCEP.....	4-14
Tabla 4.4-1	Resultado de evaluación económica de la central geotérmica Nevado del Ruiz .....	4-15
Tabla 4.5-1	Medidas de asistencia y promoción a MME y UPME.....	4-18
Tabla 4.5-2	Enfoque para el desarrollo geotérmico en Colombia (borrador) .....	4-19
Tabla 4.6-1	Métodos de apoyo financiero.....	4-21

## CAPITULO 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes y objetivos del estudio

En Colombia, la energía hidroeléctrica ocupa actualmente el 69,89%<sup>1</sup> de las fuentes de suministro eléctrico del país (ver **Tabla 1.1-1**). A pesar de que la energía hidroeléctrica es limpia y armónica con el medio ambiente; también es vulnerable a las condiciones hidráulicas e hidrológicas, generando ocasionalmente la extrema disminución de la capacidad operacional de los generadores en épocas de sequía extrema. Por ejemplo, mientras que, debido a la menor precipitación, ocurrida entre 2013 y 2015, la participación de generación hidráulica en la matriz energética de Colombia se redujo del 67,3% al 63,8%, la participación de generación térmica aumentó del 27,1% al 31,0%. Así mismo, según la disponibilidad de generación, durante el mismo período la disponibilidad de generación hidráulica evolucionó de 41.836GWh a 42.464GWh con un ligero aumento de 628GWh. Mientras que, la disponibilidad de generación térmica evolucionó de 16.839GWh a 20.631GWh con un aumento de 3.792GWh, respondiendo de esta manera al aumento de la demanda de energía eléctrica del país (**Tabla 1.1-2**). Por lo tanto, en el país se realizan estudios hacia la mejor conformación de la matriz eléctrica nacional, disminuyendo la dependencia extrema a la energía hidroeléctrica, manteniendo la estabilidad del aspecto económico y ambiental, así como el control de gases de efecto invernadero y del suministro de energía eléctrica. Según el “Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión 2015 - 2019” (UPME, 2015), se simularon varios escenarios a corto y largo plazo y se concluyó que el Escenario 12 (largo plazo) sería el más adecuado, cuya matriz para el año 2020 estaría compuesta conforme a la **Tabla 1.1-3**.

**Tabla 1.1-1 Matriz energética actual por tipo de planta**

Tipo de planta	Capacidad (MW)	% Participación
Hidráulica	11.553,02	69,89
Térmica	4.864,40	29,43
Cogenerador	93,70	0,57
Eólica	18,42	0,11
<b>Total</b>	<b>16.529,54</b>	<b>100,00</b>

Fuente: [www.paratec.xm.com.co](http://www.paratec.xm.com.co) (consulta realizada en octubre de 2016)

**Tabla 1.1-2 Evolución de la disponibilidad de generación en Colombia entre 2013 y 2015**

Año	2013		2014		2015	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Hidráulica	41.835,94	67,3	42.157,65	65,5	42.463,75	63,8
Térmica	16.838,63	27,1	18.405,68	28,6	20.631,19	31,0
Otros	3.522,01	5,7	3.764,53	5,9	3.453,53	5,2
<b>Total</b>	<b>62.196,60</b>	<b>100,0</b>	<b>64.327,90</b>	<b>100,0</b>	<b>66.548,5</b>	<b>100,0</b>

Fuente: <http://informesanuales.xm.com.co/> (consulta realizada en diciembre de 2016)

<sup>1</sup> [www.paratec.xm.com.co](http://www.paratec.xm.com.co) (consulta realizada en octubre de 2016)

**Tabla 1.1-3 Proyección de matriz energética para Colombia 2020**

<b>Tipo de planta</b>	<b>Capacidad (MW)</b>	<b>% Participación</b>
<b>Hidráulica</b>	14.688,90	68,12
<b>Térmica</b>	5.296,70	24,57
<b>Eólica</b>	792,42	3,67
<b>Solar</b>	67,60	0,31
<b>Geotérmica</b>	50,00	0,23
<b>Cogeneración</b>	668,40	3,10
<b>Total</b>	<b>21.564,02</b>	<b>100,00</b>

Fuente: JST con información de PARATEC, XM, UPME.

Como estrategias para los tiempos de sequía, se ha introducido el mecanismo denominado como Obligación de Energía Firme (OEF) con el fin de garantizar la confiabilidad en el suministro de energía.

En cuanto al desarrollo de energía geotérmica, desde el año 2008, una de las tres (3) empresas públicas más grandes de energía del país, ISAGEN, bajo la cooperación de la Agencia de Comercio y Desarrollo de EE.UU (USTDA) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), ha realizado estudios de pre-factibilidad, relacionados con proyectos de generación eléctrica geotérmica. Con la realización de estos estudios, se han adelantado preparativos enfocados a la perforación de pozos de prueba, como parte del proyecto de desarrollo geotérmico en las cercanías del Macizo Volcánico del Ruiz. En dicho proyecto se han relacionado técnicamente a ISAGEN, el anterior Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear-INGEOMINAS, actual Servicio Geológico Colombiano (SGC) y la Universidad Nacional (UNAL), además de los servicios de consultoría de empresas japonesas, incluyendo a Nippon Koei Co., Ltd. No obstante, según ISAGEN, en la actualidad este proyecto queda parado esencialmente debido a la tardanza en los trámites para obtener licencias ambientales, así como en la financiación para perforaciones exploratorias. Sobre todo, respecto a los trámites para obtener licencias ambientales, ISAGEN y EPM han presentado simultáneamente la solicitud del desarrollo de la misma zona geotérmica y la Corporación Reginal Autónoma de Caldas (CORPOCALDAS), que evalúa dicha solicitud, tarda tiempo en inspeccionar los EIA, dado que no hay criterios claros establecidos para determinar a qué entidad se deben otorgar las licencias, además de que no hay antecedentes de desarrollo geotérmico en Colombia.

Bajo las anteriores circunstancias, Colombia entregó, en Agosto de 2010, las directrices de las actividades como nación “Acciones Nacionales de Mitigación Apropriadas (NAMA)”, a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y declaró el aumento del porcentaje de la energía renovable, de la capacidad del total de las instalaciones de generación eléctrica, a más del 77% para el año 2020.

Sin embargo, principalmente debido al tema de financiación para perforaciones exploratorias y a los trámites para obtener licencias ambientales, en Colombia no se ha construido todavía ninguna central geotérmica; por lo cual, posterior a la observación de las directrices de cooperación de JICA, centradas en la facilitación de préstamos, se toma como objetivo el realizar sugerencias para los esfuerzos relacionados al impulso de los desarrollos de energía geotérmica, bajo la organización y análisis de las políticas energéticas y de los avances actuales de los proyectos geotérmicos.

Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

- ✓ Realizar un estudio relacionado con las políticas, regulaciones y esquemas de ejecución, asociados al desarrollo de la energía geotérmica en Colombia,

- ✓ Analizar la situación del desarrollo geotérmico en el país, y los factores inhibidores por los cuales no se despliega el desarrollo de energía geotérmica
- ✓ Determinar las posibilidades y la dirección de la cooperación de JICA, centrada en la cooperación con recursos reembolsables.

## 1.2 Resumen del estudio

A continuación, se indica el contenido del estudio.

- Recolección de documentos e información existente

Se realiza la recolección de la documentación y la información existente, en el marco del trabajo a realizarse de forma local en Japón. El contenido de la recolección de la información está relacionado de la siguiente manera:

- (i) al sector de energía en general,
- (ii) a la situación de ejecución del desarrollo geotérmico,
- (iii) al sistema legal, reglamentación relacionada al desarrollo geotérmico,
- (iv) a las consideraciones socio-ambientales,
- (v) al desarrollo organizacional y sus habilidades,
- (vi) a las políticas de promoción de proyectos.
- (vii) Entrevista a entidades relacionadas con el sector eléctrico

Se realiza el estudio a las entidades relacionadas, por medio de encuestas y se aprovecha para el análisis de los documentos e información. Previo a las entrevistas con las entidades relacionadas, se definen los ítems del estudio, se elabora la encuesta, y se complementa la documentación y la información recolectada inicialmente.

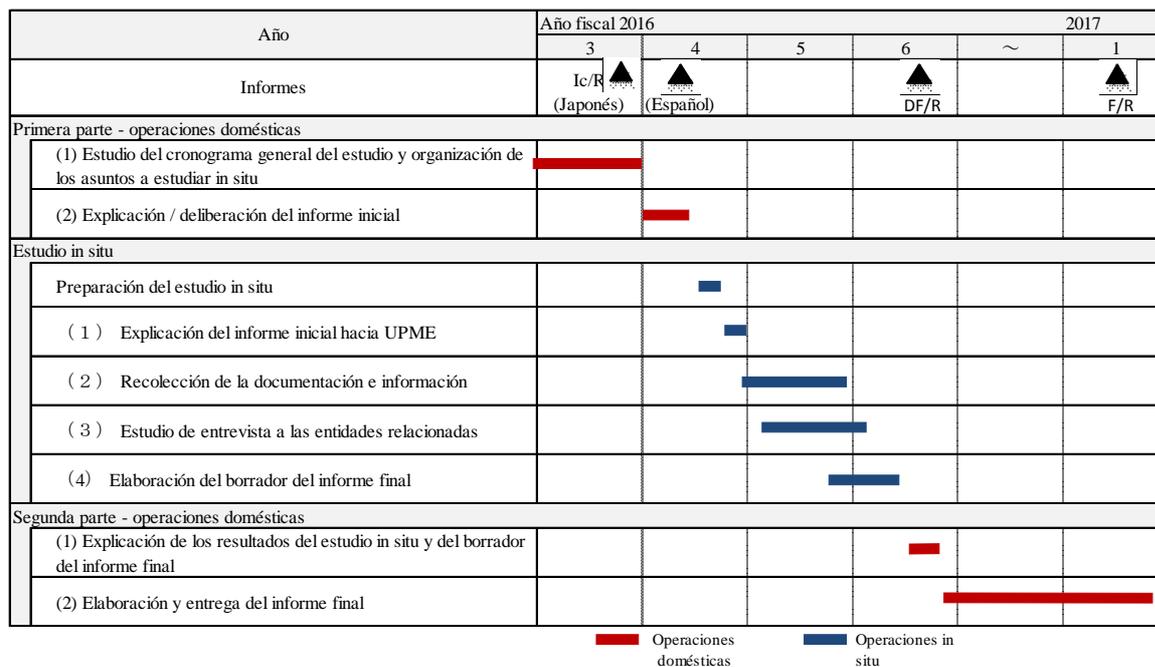
- Intercambio de opiniones con entidades relacionadas

Para las entrevistas y su seguimiento posterior, se realiza un intercambio de opiniones sobre las políticas para promover el desarrollo geotérmico, por parte de las entidades públicas, el apoyo de JICA y los métodos de respuesta ante las problemáticas, y se realiza un estudio sobre las posibilidades de aporte por parte de JICA.

- Resumen de los resultados del estudio y elaboración del informe

Se reúnen y se resumen los resultados del estudio, en conjunto con la información y los conocimientos adquiridos en el trabajo doméstico y estudio in situ.

A continuación (**Figura 1.2-1**), se indica el cronograma del estudio de la misión JICA:

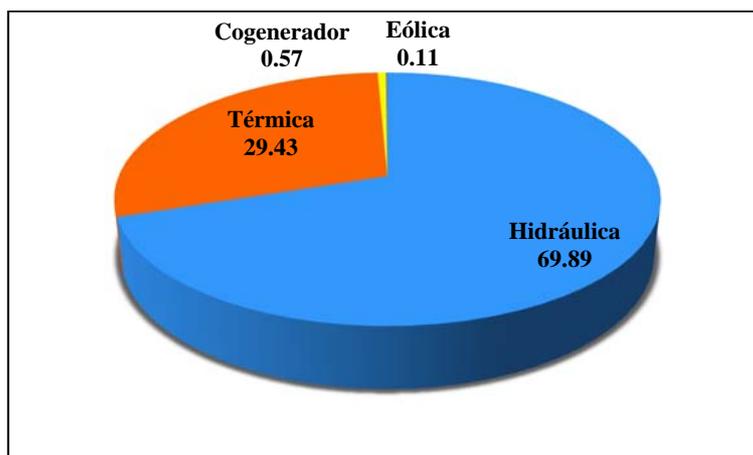


Fuente: JST

**Figura 1.2-1 Cronograma del Estudio**

## CAPITULO 2. Sub-Sector Eléctrico

El sector sub-eléctrico en Colombia está especialmente dominado por generación hidráulica y térmica. A pesar del gran potencial del país en energías renovables (eólica, solar, biomasa y geotermia), los desarrollos son escasos. Los planes actuales de crecimiento también son dominados por plantas hidráulicas y térmicas.



Fuente: [www.paratec.xm.com.co](http://www.paratec.xm.com.co) (consulta realizada en octubre de 2016)

**Figura 2.0-1 Composición de la matriz energética actual en porcentaje**

### 2.1 Política de Electricidad y Marco Legal

Colombia cuenta con un libre mercado energético desde 1995. La emisión de las leyes 142 (Ley de Servicios Públicos) y 143 (Ley de electricidad) de 1994, permitió la conformación de un nuevo esquema para el sistema eléctrico nacional, definiendo un marco regulativo para desarrollar un mercado competitivo, en cuanto generación y comercialización; mientras que para la transmisión y la distribución, se ha determinado que dichas actividades deben ser tratadas como monopolios naturales, buscando en todo momento las condiciones de la competencia, siempre que sea posible. Los aspectos más importantes de estas leyes son:

- Se permitió la participación del sector privado para prestar servicios públicos.
- División de la cadena de producción eléctrica en segmentos (generación, transmisión, distribución y comercialización).
- Diseño de un sistema de regulación, a través de la creación de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG - por sus siglas en español).
- Se identificaron mecanismos para la defensa de la calidad y confiabilidad de los servicios públicos prestados, con la creación de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD - por sus siglas en español).

En la **Tabla 2.1-1**, se presentan los aspectos más destacados de la normatividad relacionada con el sub-sector eléctrico en Colombia.

**Tabla 2.1-1 Normatividad Aplicable al Sub-Sector Eléctrico en Colombia**

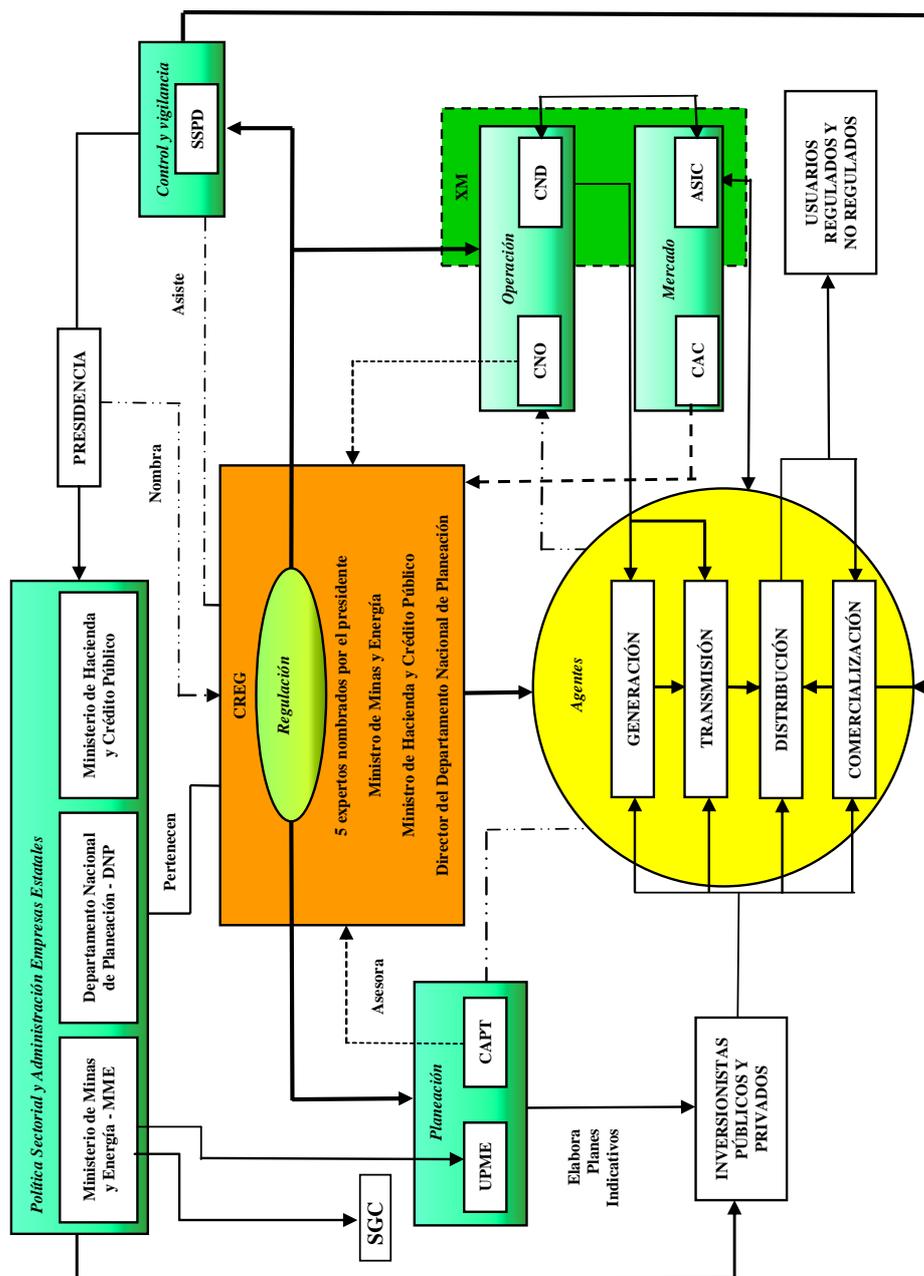
Normatividad Aplicable	Descripción
Ley 99 de 1993	<p>Por medio de esta ley se crea el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS).</p> <p>Dentro de las funciones asignadas al ministerio, se encuentra “Promover, en coordinación con las entidades competentes y afines, la realización de programas de sustitución de los recursos naturales no renovables, para el desarrollo de tecnologías de generación de energía no contaminantes ni degradantes” (Artículo 5).</p> <p>Adicionalmente, se reglamentan las transferencias (regalías) del sub-sector eléctrico a las corporaciones autónomas regionales (CAR) y a los municipios con jurisdicción en las áreas de influencia de los proyectos de generación hidroeléctrica y térmica (Artículo 45).</p>
Ley 142 de 1994	<p>Esta ley es aplicada al suministro de servicios públicos, prestados por empresas públicas como la encargada el suministro de agua, alcantarillado, basura, energía eléctrica, suministro de gas y telefonía.</p> <p>Esta ley básicamente permite que personas naturales o empresas se encarguen de los servicios públicos, descritos anteriormente, y prevé la intervención del gobierno en caso de ser necesario.</p>
Ley 143 de 1994	<p>Con esta ley se establece el esquema de las funciones entre la generación, transmisión, distribución y venta de la energía eléctrica, la promoción de la competencia justa por parte del gobierno y ordena las condiciones para asegurar la protección de los derechos del usuario, el rendimiento en relación a la obligación del suministro del servicio.</p> <p>Adicionalmente, esta ley describe las funciones y las responsabilidades del Ministerio de Minas y Energía (MME), de la Unidad de Planeación Minero energética (UPME), de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) y de Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), entidades encargadas de la actividad de suministro de energía eléctrica.</p>
Ley 697 de 2001	<p>Con esta ley se promueve el uso eficiente y racional de energía y las energías alternativas.</p> <p>Esta Ley fue reglamentada mediante el Decreto 3683 del 2003.</p> <p>La Ley y el Decreto contemplan aspectos importantes, tales como el estímulo a la educación e investigación en fuentes de energía renovable (FER). Sin embargo, el programa creado por esta Ley carece de los siguientes aspectos, para impulsar el desarrollo de las FER:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Apoyo regulativo para fomentar la inversión</li> <li>– Definición de políticas para promover energía renovable</li> <li>– Establecimiento de metas cuantitativas sobre el porcentaje de energía renovable en la canasta energética.</li> </ul>

Fuente: JST

## 2.2 El Papel de las Organizaciones del Gobierno y del Sector Energético

El sub-sector eléctrico de Colombia hace parte del sector energético, y está constituido por una serie de entidades, las cuales desempeñan sus funciones en la regulación, generación, transmisión, comercialización y distribución de energía eléctrica.

De acuerdo con la **Figura 2.2-1**, la estructura del sector energético está conformada por diferentes entidades, cada una con funciones específicas.



Fuente: Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG

**Figura 2.2-1 Esquema Institucional del Sector Energético**

Cabe aclarar que el Servicio Geológico Colombiano – SGC es un Instituto Científico y Técnico, adscrito al Ministerio de Minas y Energía, el cual hace parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Esta agencia gubernamental colombiana no hace parte del esquema institucional del sector energético actual, debido a que no está directamente relacionada con las actividades de dirección, planeación, regulación, control y vigilancia, y operación y administración del mercado energético. Dentro de las funciones del SGC, más cercanas al sector energético, están:

- Adelantar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo.
- Realizar la identificación, inventario y caracterización de las zonas de mayor potencial de recursos naturales del subsuelo, tales como minerales, hidrocarburos, aguas subterráneas y recursos geotérmicos, entre otros.

### 2.2.1 Dirección

La dirección del sector energético está a cargo del Ministerio de Minas y Energía - MME.

#### (1) Ministerio de Minas y Energía - MME

El Ministerio es la entidad del Gobierno Nacional encargada de administrar los recursos naturales no renovables del país, asegurando su mejor y mayor utilización. Dentro de sus funciones, el Ministerio debe formular, adoptar, dirigir y coordinar la política de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica y la política de uso racional de energía y el desarrollo de fuentes alternas de energía, y promover, organizar y asegurar el desarrollo de los programas de uso racional y eficiente de energía.

Es la principal institución del sector energético de Colombia, y la Dirección de Energía Eléctrica está a cargo del sub-sector eléctrico, al interior del mismo ministerio.

### 2.2.2 Planeación

La planeación del sector energético es función de la Unidad de Planeación de Minero Energética – UPME.

#### (1) Unidad de Planeación Minero Energética - UPME

Como una unidad administrativa especial, adscrita al ministerio, se encuentra la UPME, la cual es responsable del estudio de los requerimientos de energía y escenarios de suministro, así como de la elaboración y actualización del Plan Nacional de Energía y Plan de Expansión (ampliación y desarrollo de los recursos de generación y de las redes de transmisión eléctrica). Esta actividad cuenta con la colaboración del **Comité Asesor de Planeamiento de la Transmisión – CAPT**.

El objetivo fundamental de UPME es asesorar al Ministerio en la formulación de políticas que promuevan el desarrollo sustentable de los sectores de minas y energía y brindar la información necesaria para la toma de decisiones.

Según el artículo 16 de la Ley 143 de 1994, las principales funciones de la UPME son:

- Establecer los requerimientos energéticos de la población y los agentes económicos del país, con base en proyecciones de demanda, con base en la evolución de las variables demográficas y económicas y de los precios de los recursos energéticos.
- Establecer la manera de satisfacer dichos requerimientos teniendo en cuenta los recursos energéticos existentes, convencionales y no convencionales, según criterios económicos, sociales, tecnológicos y ambientales;
- Elaborar y actualizar el Plan Energético Nacional y, el Plan de Expansión del sector eléctrico en concordancia con el Proyecto del Plan Nacional de Desarrollo;

- Evaluar la conveniencia económica y social del desarrollo de fuentes y usos energéticos no convencionales, así como el desarrollo de energía nuclear para usos pacíficos;
- Evaluar la rentabilidad económica y social de las exportaciones de recursos mineros y energéticos;
- Realizar diagnósticos que permitan la formulación de planes y programas del sector energético;
- Establecer y operar los mecanismos y procedimientos que permitan evaluar la oferta y demanda de minerales energéticos, hidrocarburos y energía y determinar las prioridades para satisfacer tales requerimientos, de conformidad con la conveniencia nacional;
- Recomendar al Ministro de Minas y Energía, políticas y estrategias para el desarrollo del sector energético;
- Establecer prioritariamente un programa de ahorro y optimización de energía.

### 2.2.3 Regulación

La regulación del sector energético está a cargo de la Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG.

#### (1) Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG

CREG está a cargo de regular el mercado para un suministro eficiente de energía. CREG define estructuras de tarifas para consumidores y garantiza libre acceso a la red, cobros de transmisión, y normas para el mercado mayorista, garantizando la calidad y confiabilidad del servicio y eficiencia económica. Entre otros, CREG es responsable de elaborar regulaciones que garanticen los derechos de los consumidores, la mejora de la cobertura, la inclusión de principios de sostenibilidad ambiental y social, y la sostenibilidad financiera de las entidades participantes.

Según el artículo 2 del Decreto 2474 de 1999 (Diciembre 13), el cual deroga al artículo 71 de la Ley 142 de 1994, la Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG está integrada de la siguiente manera:

- Por el Ministro de Minas y Energía (MME), quien la presidirá;
- Por el Ministro de Hacienda y Crédito Público;
- Por el Director del Departamento Nacional de Planeación (DNP);
- Por cinco (5) expertos de dedicación exclusiva, nombrados por el Presidente de la República, para períodos fijos de cuatro (4) años.

El Superintendente de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) o su delegado, asistirá a las reuniones con voz, pero sin voto.

El Director del DNP es miembro de CREG, mientras DNP formula planes relacionados con el desarrollo nacional, en general, y CREG regula específicamente el sector de la energía.

## 2.2.4 Consejo y Comité

Esta función está a cargo del Consejo Nacional de Operación – CNO y del Comité Asesor de Comercialización – CAC, los cuales fueron creados por CREG.

### (1) Consejo Nacional de Operación - CNO

De acuerdo con el artículo 172 de la Ley 142 de 1994, “la función principal del Consejo Nacional de Operación es acordar los aspectos técnicos para garantizar que la operación conjunta del sistema interconectado nacional sea segura, confiable y económica, y ser el ejecutor del Reglamento de Operación”.

Las decisiones adoptadas por el Consejo Nacional de Operación serán apelables ante la Comisión de Regulación de Energía y Gas- CREG.

Según el artículo 173 de la Ley 142 de 1994, El Consejo Nacional de Operación estará conformado por representantes de las empresas generadoras de energía, conectadas al sistema interconectado nacional, y de las comercializadoras. La empresa de interconexión nacional participará de las deliberaciones, con voz, pero sin voto.

### (2) Comité Asesor de Comercialización - CAC

CAC es un comité creado por CREG, mediante la Resolución 068 de 1999, para asistirle en el seguimiento y la revisión de los aspectos comerciales del Mercado de Energía Mayorista (MEM).

Este comité estará constituido por los siguientes agentes:

- Tres (3) representantes de las empresas que desarrollan conjuntamente las actividades de generación y comercialización
- Tres (3) representantes de las empresas que desarrollan conjuntamente las actividades de distribución y comercialización.
- Tres (3) representantes de las empresas que desarrollan única y exclusivamente la actividad de comercialización.
- Un (1) representante del Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales - SIC, con voz pero sin voto, quien presidirá el Comité.

Así mismo, el comité asesorará a la CREG en los siguientes aspectos:

- Seguimiento del SIC en forma regular, incluyendo el desempeño del Administrador del SIC en la operación del sistema.
- Realizar una revisión anual de los procedimientos del SIC y enviar a la Comisión un reporte de los resultados.
- Analizar cambios a las reglas comerciales de la bolsa y cualquier otro aspecto del SIC.
- Recomendar pronta y eficazmente propuestas de solución a diferencias sometidas a su consideración en relación con el SIC.
- Dentro de los límites de confidencialidad permitidos, realizar el seguimiento de litigios,

arbitrajes, o cualquier otro proceso que afecte al SIC.

- Sin perjuicio de las funciones atribuidas a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, investigar las quejas de los participantes en la bolsa de energía en relación con su reglamento, con el sistema de liquidación de cuentas, o cualquier otro procedimiento asociado con el SIC.

### 2.2.5 Mercado

Está constituido por los consumidores (usuarios), tanto pequeños como grandes, y los agentes económicos o del mercado.

#### (1) Regulados o Pequeños Consumidores (Residencial y Pequeños Negocios)

Persona natural o jurídica que compra electricidad sujeta a las tarifas establecidas por CREG (realiza una demanda de energía inferior a 2 MW). Se destacan como usuarios regulados los usuarios comerciales, residenciales, oficiales y algunos industriales.

#### (2) No Regulados o Grandes Consumidores (Industria y Comercio)

Persona natural<sup>1</sup> o jurídica<sup>2</sup> que realiza una demanda de energía superior a 2 MW, quienes pueden negociar libremente los costos de las actividades relacionadas con generación y comercialización de energía, tales como los industriales y comerciales que son grandes consumidores. La participación en este mercado es voluntaria para los usuarios con alto consumo de energía, y el precio de comercialización y generación es pactado libremente por negociación entre el consumidor y el comercializador.

### 2.2.6 Agentes Económicos del Mercado

Son quienes llevan la energía al usuario final (generadores, transportadores, distribuidores y comercializadores). Como agentes económicos o de mercado se encuentran las empresas de servicios públicos y los municipios, cuando asumen en forma directa la prestación de servicios públicos, entre otras entidades que prestan servicios públicos.

### 2.2.7 Supervisión y Control

La **Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD** se encarga de vigilar el comportamiento de los agentes económicos y de sancionar las violaciones a las leyes y reglas.

### 2.2.8 Operación y Administración del Mercado

Esta función es desempeñada por XM.

---

<sup>1</sup> Persona natural o física es todo miembro de la especie humana susceptible de adquirir derechos y contraer obligaciones ([https://es.wikipedia.org/wiki/Persona\\_f%C3%ADsica](https://es.wikipedia.org/wiki/Persona_f%C3%ADsica))

<sup>2</sup> Persona jurídica es toda organización con derechos y obligaciones y que es creada por una o varias personas físicas ([https://es.wikipedia.org/wiki/Persona\\_jur%C3%ADdica](https://es.wikipedia.org/wiki/Persona_jur%C3%ADdica))

## (1) XM Compañía de Expertos en Mercados

Es la compañía que opera el Sistema Interconectado Nacional de energía (SIN<sup>1</sup>) a través del Centro Nacional de Despacho (CND) y administra el Mercado de Energía Mayorista Colombiano (MEM). Adicionalmente, XM planea los recursos de generación de Colombia; es decir, las plantas hidroeléctricas, térmicas y eólicas y los recursos de transmisión, de acuerdo con la demanda de energía eléctrica de cerca de 42 millones de habitantes. La planeación de corto plazo, comprende la recepción de las ofertas diarias que presentan los generadores en la Bolsa de Energía, donde se asignan hora a hora las plantas que suministrarán la energía al día siguiente (<http://www.acolgen.org.co/index.php/sectores-de-generacion>).

XM también administra las Transacciones Internacionales de Electricidad de corto plazo – TIE – con Ecuador y coordina la operación interconectada con el Sistema Eléctrico Venezolano.

La operación del Sistema Interconectado Nacional consiste en efectuar la planeación, coordinación, supervisión y control de la operación integrada de los recursos de generación y transmisión del Sistema Interconectado Nacional, cumpliendo con el reglamento de operación expedido por la CREG y los acuerdos técnicos aprobados por el Consejo Nacional de Operación – CNO.

Con respecto a la función de planeación de la operación, XM realiza los análisis eléctricos y energéticos sobre el comportamiento esperado del sistema y provee la información de las principales variables con el fin de alcanzar la calidad, confiabilidad y seguridad en la atención de la demanda.

XM ofrece información sobre ofertas diarias de precio, el programa actualizado de generación y los costos marginales de la operación.

En cuanto a la administración del Mercado de Energía Mayorista, XM administra en forma integral las transacciones comerciales de energía y de transporte en el Mercado de Energía Mayorista, optimizando el intercambio de servicios entre los agentes y garantizando el flujo de fondos mediante la administración de cuentas, gestión de cartera y contabilización de las transacciones comerciales.

## (2) Operación del Mercado

Está a cargo del **Centro Nacional de Despacho - CND**, el cual hace parte de XM. Junto con el Consejo Nacional de Operación, planea, supervisa y controla la operación de los recursos de generación, transmisión e interconexión para garantizar una operación segura, confiable y económica.

---

<sup>1</sup> El Sistema Interconectado Nacional de energía (SIN) es el conjunto de participantes del Mercado de Energía Mayorista colombiano que hacen parte de la cadena productiva (generadores, transmisores, distribuidores y comercializadores).

### (3) Administración del Mercado

El **Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales - ASIC**, que hace parte de XM, es el encargado del registro de las fronteras comerciales, de los contratos de energía a largo plazo; de la liquidación, facturación, cobro y pago del valor de los contratos, transacciones y obligaciones que resulten por el intercambio de energía en la bolsa, para generadores y comercializadores; de las Subastas de Obligaciones de Energía Firme y de mantener el sistema de información del **Mercado de Energía Mayorista (MEM)**.

#### 2.3 Organización del Mercado del Sub-Sector Eléctrico

El desarrollo de este ítem está basado en información del portal [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co). A continuación, se presenta, tanto la descripción de la estructura como de los componentes del mercado del sub-sector eléctrico colombiano.

##### 2.3.1 Estructura del Mercado

El mercado del sub-sector eléctrico está conformado por vendedores (empresas comercializadoras) y compradores (consumidores). En este mercado se transan grandes bloques de energía, y se caracteriza porque opera de manera libre, según las condiciones de oferta y demanda.

Con el fin de promover la competencia entre los generadores, se permite la participación de agentes económicos (organizaciones), tanto públicos como privados, los cuales deberán estar integrados al sistema interconectado para participar en el **Mercado de Energía Mayorista - MEM**. Como contraparte, comercializadores y grandes consumidores actúan suscribiendo contratos de energía eléctrica con los generadores. El precio de la electricidad en este mercado se establece de común acuerdo entre las partes contratantes, sin intervención estatal.

La operación y la administración del mercado la realiza XM, el cual tiene a su cargo las funciones de **Centro Nacional de Despacho - CND-**, **Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales -ASIC-** y **Liquidador y Administrador de Cuentas de cargos por Uso de las Redes del SIN -LAC-**.

##### (1) Cargo por Confiabilidad

La energía eléctrica en Colombia proviene de generación hidráulica en un 69,89%. Debido a la dependencia de aportes hidrológicos y a la afectación por eventos como El Niño, fue indispensable contar con plantas de generación con energía firme, con el fin de reemplazar la energía generada por hidroeléctricas y atender la demanda.

Por lo tanto, fue necesario establecer un esquema de remuneración que diera viabilidad a la inversión en recursos de generación, con el fin de atender la demanda de energía, de forma eficiente, cuando se presenten condiciones críticas de abastecimiento hídrico, permitiendo la estabilidad en los ingresos del generador (Artículo 23, Ley 143 de 1994).

De acuerdo con CREG ([http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/que\\_es/que\\_es.htm](http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/que_es/que_es.htm)), después de

aplicar durante 10 años el Cargo por Capacidad<sup>1</sup>, pagado a los generadores, CREG definió un esquema, con un nuevo mecanismo de mercado, denominado Cargo por Confiabilidad, el cual opera desde el año 2006. El actual mecanismo tiene un componente esencial: Obligaciones de Energía Firme (OEF), los cuales se constituyen en un compromiso de los generadores, con el respaldo de los activos de generación, con capacidad de producir energía firme, en las condiciones más críticas de abastecimiento, asegurando la confiabilidad en el suministro de energía en el largo plazo, a precios eficientes.

Las OEF requeridas para cubrir la demanda del sistema son subastadas entre los generadores. El generador al que se le asigna una OEF se compromete a entregar una determinada cantidad de energía, cuando el precio de la bolsa supera un umbral conocido como Precio de Escasez. Finalmente, los usuarios del SIN son los que pagan la remuneración del generador, a través de las tarifas que cobran los comercializadores.

### 2.3.2 Agentes del Mercado

Después del año 1994, el sector de energía eléctrica de Colombia fue liberada y ha sido dividida en generación, transmisión, distribución y venta. Como empresas de generación de energía hidroeléctrica se encuentran las cinco (5) principales empresas del país EMGESA, EPM, ISAGEN, AES CHIVOR, EPSA, que ocupan el 90% de la capacidad efectiva. Las cuatro (4) empresas EMGESA, EPM, ISAGEN, EPSA poseen plantas de generación de energía térmica de gas y suministran energía al sistema del estado.

Además de las anteriores cuatro (4) empresas, las cinco (5) empresas GECELCA, THERMOCANDELARIA, TERMOFLORES, TERMOCALI Y MERILECTRICA participan en el sistema como empresas de generación de energía térmica de gas.

El número de agentes comerciales del sector eléctrico a 31 de diciembre de 2015 se observan en la **Tabla 2.3-1**, divididos en generadores, transmisores, operadores de red y comercializadores. Estos agentes comerciales deben estar registrados ante XM para realizar las transacciones comerciales.

**Tabla 2.3-1 Agentes del Mercado**

Actividad	Registrados	Transando
Generadores	56	44
Transmisores	12	10
Operadores de red	31	29
Comercializadores	93	69

Fuente: [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

<sup>1</sup> Cargo por Capacidad: Mecanismo de remuneración administrado de la capacidad de generación, el cual garantizaba un ingreso fijo anual por megavatio instalado, a un precio definido por el regulador. No había una obligación concreta de los generadores en relación con esta remuneración. ([http://www.xm.com.co/Promocion\\_Primer\\_Subasta\\_de\\_Energia\\_Firme/abc2.pdf](http://www.xm.com.co/Promocion_Primer_Subasta_de_Energia_Firme/abc2.pdf))

**(1) Capacidad Instalada**

Según datos de XM, a diciembre de 2015, la capacidad instalada por agente muestra que EPM tiene la mayor participación en el mercado, con cerca del 22%, seguida por EMGESA con un 21% e ISAGEN con el 18% (ver **Tabla 2.3-2**).

**Tabla 2.3-2 Capacidad Instalada por Agente a Diciembre de 2015**

Agente	Capacidad instalada (MW)	Capacidad instalada (%)
EPM S.A. E.S.P.	3515,1	22
EMGESA S.A. E.S.P.	3420,1	21
ISAGEN S.A. E.S.P.	2989,9	18
Generadora y Comercializadora de Energía del Caribe S.A. E.S.P.	1367,0	8
Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P.	1045,3	6
AES Chivor S.C.A. E.S.P.	1000,0	6
CELSIA S.A. E.S.P.	206,8	1
Otros agentes	2891,9	18
<b>Total</b>	<b>16436,0</b>	<b>100</b>

Fuente: Sistema de información de XM <http://www.xm.com.co/>

**(2) Capacidad Efectiva**

Según XM<sup>1</sup>, la capacidad efectiva neta (luego de descontar el consumo propio) del SIN, al finalizar el 2015, fue 16.420 MW (ver **Tabla 2.3-3**). Al comparar la capacidad con la registrada en 2014, se observa un crecimiento en 931 MW, equivalentes al 5.67%. Este aumento obedece principalmente a la entrada en operación de seis (6) centrales hidroeléctricas y dos (2) centrales térmicas, y a la actualización de térmicas en relación con los combustibles principales (gas y ACPM), que respaldan las Obligaciones de Energía Firme (OEF), para el período diciembre 1 de 2015 a noviembre 30 de 2016, para el Cargo por Confiabilidad. Se puede apreciar cómo decreció la capacidad instalada en las térmicas a gas (13,50%) y cómo se incrementó en las térmicas con carbón y ACPM (25,09 y 17,96%, respectivamente).

<sup>1</sup> <http://informesanuales.xm.com.co/2015/SitePages/operacion/2-6-Capacidad-efectiva-neta.aspx>

**Tabla 2.3-3 Capacidad Efectiva Neta del SIN a Diciembre 31 de 2015**

Recursos	2011 MW	2012 MW	2013 MW	2014 MW	2015 MW	Participación 2015 (%)	Variación (%) 2014-2015
Hidráulicos	9.185,00	9.185,00	9.315,00	10.315,00	10.892,00	66,60	5,59
Térmicos	4.545,00	4.426,00	4.515,00	4.402,00	4.743,00	28,42	7,19
Gas	3.053,00	2.122,00	1.972,00	1.757,00	1.548,00		-13,50
Carbón	991,00	997,00	997,00	1003,00	1.339,00		25,09
Fuel-Oil	314,00				--		--
Combustoleo	187,00	307,00	307,00	297,00	299,00		0,67
ACPM	0	678,00	917,00	1.023,00	1.247,00		17,96
Jet1	0	46,00	46,00	46,00	46,00		0,00
Gas-Jet A1	0	276,00	276,00	276,00	264,00		-4,55
Menores	635,00	693,00	662,20		698,42	4,48	0,54
Hidráulicos	533,00	591,00	560,50	584,90	608,55		3,89
Térmicos	83,00	83,00	83,40	91,40	71,45		-27,85
Eólica	18,00	18,00	18,40	18,42	18,42		0,00
Cogeneradores	55,00	57,00	66,30	77,30	86,60	0,50	10,74
<b>Total SIN</b>	<b>14.420,00</b>	<b>14.361,00</b>	<b>14.558,50</b>	<b>15.489,00</b>	<b>16.420,00</b>	<b>100,00</b>	<b>5,67</b>

Fuente: Sistema de información de XM

**(3) Generación**

Con respecto a la generación de energía, tres compañías – la compañía pública Empresas Públicas de Medellín - EPM, así como las privadas ISAGEN y EMGESA – controlan el 60 % de la generación total (con información de XM, para el año 2015) (ver **Tabla 2.3-4** )

**Tabla 2.3-4 Generación de Energía por Agente 2015**

Agente generador	Generación GWh	Participación %
Empresas Públicas de Medellín E.S.P.	13.994,480	21,03
EMGESA S. A. E.S.P.	13.748,781	20,66
ISAGEN S. A. E.S.P.	12.820,792	19,27
Otras 43 generadoras	25.984,421	39,04
<b>TOTAL</b>	<b>66.548,474</b>	<b>100</b>

Fuente: Sistema de información de XM

**1) ISAGEN**

El prefijo ISA- corresponde a la compañía ISA S.A. encargada de la interconexión, la cual tenía algunos activos de generación, hasta 1995. Sin embargo, después de 1995 fue separada la parte de los activos de generación, y se conformó una compañía denominada inicialmente ECOGEN, y luego pasó a llamarse ISAGEN.

Empresa generadora de origen estatal, la cual pasó a ser filial del canadiense Brookfield Asset Management en 2016. Genera energía, comercializa soluciones energéticas y desarrolla proyectos de generación.

En la **Tabla 2.3-5**, se presentan algunos resultados de la gestión financiera y humana de ISAGEN, entre los años 2010 y 2015.

**Tabla 2.3-5 Recurso humano y gestión financiera de ISAGEN en años recientes**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Número de empleados</b>	530	569	599	635	662	686
<b>Activos (en millones de COP)</b>	3.172.003	3.862.998	4.968.707	7.171.557	8.125.463	8.368.775
<b>Ingresos netos (en millones de COP)</b>	1.465.300	1.682.700	1.731.539	2.002.814	2.277.246	2.844.022

Fuente: www.isagen.com

2) **Empresas Públicas de Medellín - EPM**

Es una empresa industrial y comercial del estado, 100% propiedad de la Alcaldía de Medellín, y que provee de energía eléctrica, agua potable, saneamiento y gas por red a los municipios donde tiene presencia.

En generación de energía, cuenta con 25 hidroeléctricas, 1 térmica y 1 parque eólico.

En la **Tabla 2.3-6**, se muestran los resultados de la gestión humana y financiera de EPM, entre los años 2010 y 2015.

**Tabla 2.3-6 Recurso humano y gestión financiera de EPM en años recientes**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Número de empleados</b>	5564	5807	5824	6030	5627	5991
<b>Activos (en millones de COP)</b>	26.284.172	28.625.540	29.871.474	29.271.301	31.509.186	33.592.368
<b>Ingresos netos (en millones de COP)</b>	4.498.814	5.111.500	5.363.417	5.610.465	5.992.781	6.846.429

Fuente: www.epm.com.co

3) **EMGESA**

Compañía colombiana dedicada a la generación de energía eléctrica y comercialización en el mercado no regulado (ver numeral **2.2.5.2**), con una participación del 16%. Pertenece al Grupo Enel. Cuenta con diez centrales de generación hidráulica y dos térmicas, ubicados en los departamentos de Cundinamarca y Bolívar.

EMGESA cuenta con una capacidad instalada de 2915 MW y la cuota de generación por potencia instalada es del 20%.

**(4) Transmisión**

Esta actividad comprende el transporte de energía eléctrica a través del sistema de líneas eléctricas, con sus correspondientes módulos de conexión, las cuales operan a tensiones iguales o superiores a 220 kV, o a través de redes de transmisión regionales o interregionales a tensiones inferiores.

El Sistema de Transmisión Nacional (STN) es un sistema interconectado de transmisión de energía eléctrica compuesto por el conjunto de líneas y sus módulos de conexión, los cuales operan a tensiones iguales o superiores a 220 kV.

La participación de las diferentes empresas de transmisión en el Sistema de Transmisión Nacional es presentada en la **Tabla 2.3-7**. El porcentaje de participación corresponde a la

propiedad de los activos (líneas y módulos de conexión) de la red nacional (Sistema de Transmisión Nacional).

**Tabla 2.3-7 Participación en el Sistema de Transmisión Nacional (STN)**

Empresa	Participación
INTERCOLOMBIA	70,994%
TRANSELCA	9,809%
EEB	8,015%
EPM	6,492%
EPSA	2,658%
ESSA	1,319%
DISTASA	0,361%
CENS	0,185%
EPSA	0,168%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

Fuente: www.intercolombia.com

En la transmisión se da un monopolio natural, por parte del Sistema de Transmisión Nacional - STN, con un costo menor al que se conseguiría con varias empresas compitiendo en este campo (www.intercolombia.com).

### 2.3.3 Facilidades

En materia de facilidades de generación, Colombia cuenta con plantas hidroeléctricas, térmicas, de cogeneración y parque eólico (ver **Tabla 2.3-8**).

**Tabla 2.3-8 Capacidad Efectiva por Tipo de Generación**

Tipo / Combustible	Capacidad Efectiva neta (MW)	Capacidad Efectiva Neta (%)
Hidráulica	11513,42	69,7
Térmica	4899,15	29,7
Cogenerador	84,20	0,5
Eólica	18,42	0,1
<b>Total</b>	<b>16514,49</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Sistema de información de XM

Nota: La energía solar no hace parte del Sistema Interconectado Nacional – SIN, y por lo tanto no está cuantificada dentro de la información de XM. Generalmente, la capacidad instalada de energía solar en Colombia está asociada en gran parte a zonas rurales alejadas (sistemas aislados), por lo cual es muy costoso conectarlo a la red nacional, así como a algunas edificaciones en las ciudades. Además, corresponden a iniciativas particulares para autoconsumo. Según el Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050 (UPME, 2015), Colombia cuenta con 9 MW de energía solar, lo cual correspondería a 0,05% de la capacidad instalada.

#### (1) Plantas Hidroeléctricas

La red hidráulica para generación eléctrica está constituida por 25 plantas, que incluyen 28 embalses y que despachan energía centralmente. El volumen máximo útil de agua acumulada en los embalses es de 17.256,33 GWh. La capacidad efectiva neta es de 10.892 MW.

Adicionalmente, se tienen 98 plantas hidráulicas pequeñas, con una capacidad efectiva neta de 661,02 MW. El total de capacidad efectiva neta para el componente hidráulico es 11.553,02 MW, lo cual equivale al 69,89% de la capacidad efectiva neta del país (con información del Sistema de Información de XM S.A. E.S.P.).

## (2) Plantas Térmicas

Las plantas térmicas son un total de 47 y usan varios tipos de combustible, aunque predominan el carbón y el gas. La capacidad efectiva neta para el componente térmico es de 4864,4 MW, lo cual corresponde al 29,43% de la capacidad efectiva neta del país.

## (3) Cogeneración<sup>1</sup>

Este proceso está asociado principalmente al uso del bagazo de caña en ingenios azucareros. En total son 13 plantas de cogeneración, incluyendo 1 con carbón y 1 a gas. La capacidad efectiva neta para el componente cogeneración es de 93,70 MW, lo cual corresponde al 0,57% de la capacidad efectiva neta del país.

## (4) Parque Eólico

Colombia cuenta con un parque eólico situado en el departamento de La Guajira, con una capacidad efectiva neta de 18,42 MW, equivalente al 0,11% de la capacidad efectiva neta del país.

## (5) Plantas Solares Fotovoltaicas

La energía solar no está incluida en el SIN, por lo cual no se cuenta en los datos de XM. La mayoría de las plantas solares fotovoltaicas se encuentran en áreas rurales remotas (sistemas aislados), donde el costo de conexión al sistema nacional de interconexión de energía es costoso y en algunos edificios de las áreas urbanas. Adicionalmente, hay plantas solares para viviendas. Según el Plan Energético Nacional de Colombia (Ideario Energético 2050 (UPME, 2015)), la generación solar de Colombia es de 9 MW, lo cual corresponde al 0,05% de la capacidad instalada.

### 2.3.4 Líneas de transmisión del SIN

En la **Tabla 2.3-9** y **Figura 2.3-2**, se presentan las longitudes para los diferentes tipos de líneas de transmisión del SIN actual.

---

<sup>1</sup> La cogeneración es el proceso por el cual, a partir de una misma fuente energética se produce, en forma combinada, energía térmica y eléctrica, en procesos productivos industriales y/o comerciales, para el consumo propio o de terceros, cuyos excedentes pueden ser vendidos o entregados en la red (<http://www1.upme.gov.co/glosario/cogeneracion>).

**Tabla 2.3-9 Líneas de Transmisión SIN**

Tipo de Línea de Transmisión	Longitud (km)
Transmisión 110 kv	3132,05
Transmisión 115 kv	7207,54
Transmisión 138 kv	15,49
Transmisión 220 kv	2539,05
Transmisión 230 kv	9598,10
Transmisión 500 kv	2489,50
<b>Total Líneas de Transmisión SIN</b>	<b>24981,73</b>

Fuente: Sistema de información de XM

En la **Figura 2.3-1** se presenta el mapa con el sistema de transmisión de energía eléctrica en Colombia.

Según el Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050 (UPME, 2015), Colombia ha hecho esfuerzos por décadas para ampliar la cobertura de los servicios energéticos a todos los rincones. Para lograr esta meta, se han creado fondos de apoyo financiero. El Índice de Cobertura de Energía Eléctrica – ICEE, a 31 de diciembre de 2015, fue de 96,96%. Aún se presenta el uso de la leña para cocción y calentamiento en zonas rurales. En la **Figura 2.3-3**, se presentan los ICEE desde el año 2009, los cuales incluyen información de las Zonas No Interconectadas (ZNI).

En cuanto a la política de mejoramiento del ICEE, de acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, se estima que se requieren \$ 5 billones de pesos para lograr la universalización del servicio de energía eléctrica en los próximos 5 años, debido a la dispersión de las viviendas que aún no tienen el servicio.

El estado busca facilitar el acceso al servicio de energía eléctrica a través de los subsidios, los cuales son financiados a partir de la contribución de los usuarios de mayores ingresos y de transferencias directas del Presupuesto General de la Nación (PGN). Para el año 2014, los recursos aportados por el estado representaron el 63% del total de los subsidios, lo cual correspondió a \$ 1.360.509 millones.

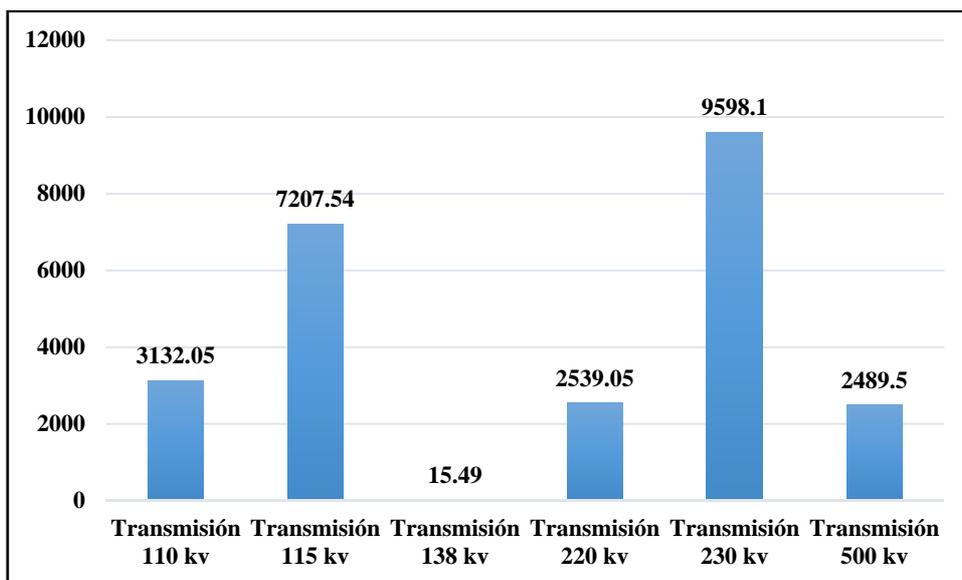
En el Plan Indicativo de Expansión de la Cobertura Eléctrica 2013-2017 (UPME, 2014), se determinó un déficit en la cobertura del servicio eléctrico del 3,9% (470.000 viviendas sin este servicio). Del total de viviendas identificadas, el 88,13% pueden ser conectadas al SIN y el 11,87% restante deben ser abastecidas mediante soluciones aisladas.

De acuerdo con el Plan de Expansión de Referencia 2015-2029 (UPME), se tienen planteadas varias obras de expansión de redes eléctricas, con base en varios proyectos de generación y sus proyecciones en cuanto a capacidad a instalar (ver **Tabla 2.3-10**). Tal es el caso del proyecto eólico en La Guajira, que está proyectado para 3131 MW, y que requerirá ser interconectado. En la Costa Atlántica se plantean 4 obras a 500 y 220 kV. De igual manera, habrá obras en la región Antioquia – Chocó. En el Plan de Transmisión también se presentan análisis de los Sistemas de Transmisión Regionales – STR (ver **Tabla 2.3-11**).



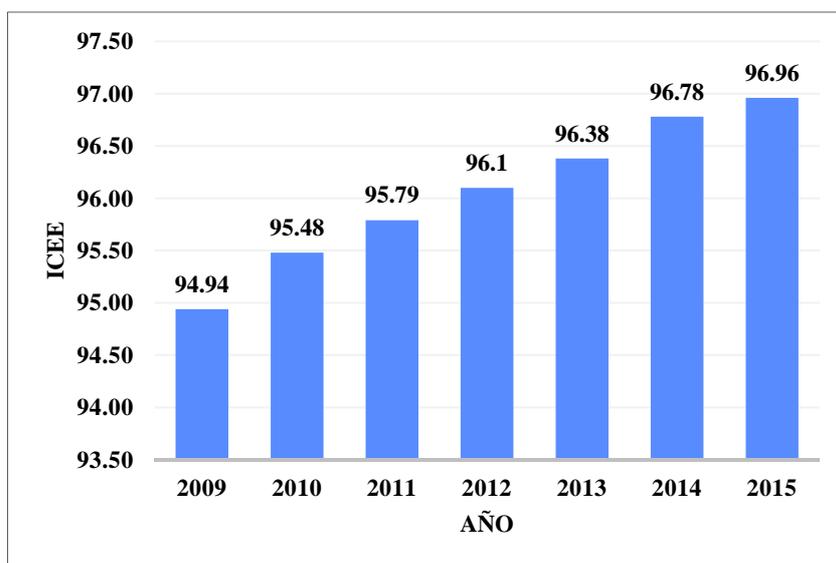
Fuente: UPME (2013)

**Figura 2.3-1 Sistema de Transmisión de Energía Eléctrica en Colombia**



Fuente: Con información de [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

**Figura 2.3-2 Longitudes de las Líneas de Transmisión del SIN en km**



Fuente: [www.siel.gov.co](http://www.siel.gov.co)

**Figura 2.3-3 Comportamiento del Índice de Cobertura de Energía Eléctrica - ICEE en años recientes**

**Tabla 2.3-10 Proyectos de generación para el Escenario 12 del Plan de Expansión 2015-2029**

Planta	Fecha de entrada (mes-año)	Capacidad MW	Recurso
Gecelca 3.2	Jul-16	250,0	Carbón
Termonorte	Dic-17	88,3	Líquidos
Ituango	Nov-18	300,0	Hidráulico
	Feb-19	600,0	Hidráulico
	May-19	900,0	Hidráulico
	Ago-19	1200,0	Hidráulico
	Sep-21	1500,0	Hidráulico
	Dic-21	1800,0	Hidráulico
	Mar-22	2100,0	Hidráulico
Jun-22	2400,0	Hidráulico	
Eolo J1	Ene-19	99,0	Eólico
Eolo J2	Jun-19	195,0	Eólico
Eolo E2	Jun-19	200,0	Eólico
Eolo J3	Dic-19	180,0	Eólico
Eolo E3	Ene-20	100,0	Eólico
Eolo E4	Jun-20	100,0	Eólico
Eolo E5	Dic-20	100,0	Eólico
Eolo E10	Jun-21	200,0	Eólico
<b>Proyectos de expansión propuestos para el Escenario 12</b>			
Hidro 1	Dic-20	351,8	Hidráulico
Carb. 1	Dic-19	90,0	Carbón
Carb. 2.1	Dic-20	125,0	Carbón
Carb. 2.2	Dic-20	125,0	Carbón
Carb. 3.1	Dic-20	165,0	Carbón
Carb. 3.2	Dic-20	165,0	Carbón
Carb. 5	Dic-21	350,0	Carbón
Solar	Ene-16	9,0	Solar
	Ene-20	53,6	Solar
	Ene-24	143,5	Solar
	Ene-28	239,2	Solar
Geotérmica	Ene-20	50,0	Geotérmico
Cogeneración 1	Ene-15	24,6	Caña
	Ene-16	34,5	Caña
	Ene-17	57,0	Caña
	Ene-18	107,0	Caña
Cogeneración 2	Ene-17	195,0	Palma
	Ene-19	178,0	Palma

Fuente: Plan de Expansión de Referencia Generación- Transmisión 2015-2029 (UPME, 2015)

Tabla 2.3-11 Proyectos de transmisión del Plan de Expansión 2015-2029

Área	Proyecto	Fecha de Entrada
<b>Sistema de Transmisión Nacional – STN</b>		
Costa Caribe	Conexión del Parque de Generación Eólica La Guajira: Propuesta de transmisión que permita la incorporación de 3131 MW o menos, dependiendo de que se materialicen los proyectos por parte de los generadores, con dos colectoras en 500 kV: Colectora 1: interconectada mediante un doble circuito en AC a Cuestecitas 500 kV y Segundo circuito Copey - Cuestecitas 500 kV Colectora 2: interconectada con un enlace en HVDC VSC de 550 kV bipolo entre Colectora 2 y Chinú.	Noviembre de 2022
	Nueva subestación San Juan 220 kV, reconfigurando el enlace Valledupar – Cuestecitas 220 kV en Valledupar – San Juan 220 kV y San Juan – Cuestecitas 220 kV	Noviembre de 2020
	Nueva subestación El Río 220 kV, mediante la ejecución de un nuevo corredor Tebsa – El Río – Termo Flores a 220 kV y doble transformación 220/110 kV – 150 MVA en El Río.	Noviembre de 2020
	Cierre anillo en 500 kV, mediante un nuevo corredor Sabanalarga – Bolívar 500 kV de aprox. 65 km y segundo transformador 500/220 kV – 450 MVA en Bolívar.	Noviembre de 2020
	Nuevo corredor Chinú – Tolviejo – Bolívar 220 kV, con nueva subestación Tolviejo 220 kV y transformación 220/110 kV – 2 x 150 MVA y nuevo enlace 110 kV Nueva Montería – Río Sinú.	Noviembre de 2020
Antioquia-Chocó	Subestación Nuevo Siete (Chocó) 230 kV (nuevo punto de conexión en 230 kV), mediante la reconfiguración del enlace Ancón Sur – Esmeralda 230 kV en Ancón Sur – Nuevo Siete (Chocó) 230 kV y Nuevo Siete (Chocó) – Esmeralda 230 kV.	Noviembre de 2020
	Nuevo punto de conexión en San Lorenzo 230 kV, mediante la reconfiguración de los enlaces San Carlos – Esmeralda 230 kV en San Carlos – San Lorenzo y San Lorenzo – Esmeralda 230 kV.	Noviembre de 2020
<b>Sistemas de Transmisión Regionales – STR</b>		
Caribe Atlántico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reemplazo del transformador Tebsa 220/110 kV de 180 MVA por un transformador de 100 MVA, quedando tres transformadores de igual capacidad.</li> <li>- Traslado de la generación de Termobarranquilla a la barra a 220 kV de la S/E Tebsa (conectada actualmente a 110 kV), utilizando el transformador de 180 MVA de la S/E Tebsa</li> <li>- Nueva S/E Caracolí, con dos transformadores 220/110 kV de 150 MVA.</li> <li>- Apertura de los circuitos Silencio – Cordialidad 110 kV y Silencio – Veinte de Julio 110 kV (A1), nuevo doble circuito Caracolí hasta el punto de apertura A1, quedando doble circuito Caracolí – Silencio 110 kV.</li> <li>- Normalización de la T de Veinte de Julio 110 kV, construyendo aproximadamente 500 m de línea para la segunda línea Veinte de Julio – Tebsa 110 kV.</li> <li>- Con el tramo sobrante de Silencio – Veinte de Julio y las líneas T de Veinte de Julio – Veinte de Julio y T de Veinte de Julio – Malambo se crean las líneas Cordialidad – Caracolí 110 kV y Caracolí – Malambo 110 kV.</li> <li>- Nuevo transformador en paralelo 220/110/13,8 kV de 100 MVA en Nueva Barranquilla.</li> <li>- Nuevo doble circuito subterráneo a 110 kV (4 km) desde Barranquilla hasta S/E Norte 110 kV.</li> <li>- Subestación Norte 110 kV.</li> <li>- Nueva línea Tebsa – Unión 110 kV y línea Unión – El Río 110 kV.</li> <li>- Nueva S/E Magdalena 110 kV y reconfiguración de la línea Unión – El Río 110 kV en Magdalena – Unión 110 kV y Magdalena – El Río 110 kV.</li> <li>- Reconfiguración de los circuitos El Río – Oasis 110 kV y Termoflores – Oasis 110 kV (aérea) en El Río – Las Flores 110 kV.</li> <li>- Segunda terna Termoflores – Las Flores 110 kV.</li> <li>- Nuevo circuito (segundo circuito) subterráneo Termoflores – Oasis 110 kV.</li> <li>- Apertura del circuito Termoflores – Centro 110 kV en Termoflores – Estadio y Estadio – Centro 110 kV.</li> <li>- Construcción de un doble circuito de 1 km de longitud desde el punto de apertura del enlace Termoflores – Centro hasta la subestación Estadio 110 kV.</li> <li>- Nueva subestación Estadio 110 kV.</li> <li>- Nuevo circuito (segundo circuito) Malambo – Caracolí 110 kV.</li> <li>- Conectividad STN/STR en El Río 220/110 kV.</li> </ul>	Entre 2016 y 2018
Caribe Bolívar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bocagrande – Cartagena 66 kV y Bocagrande – Bosque 66 kV (ejecutada por el OR).</li> <li>- Compensación en el Carmen 66 kV de 15 MVA (22,6 MVA netos)</li> </ul>	2016

Área	Proyecto	Fecha de Entrada	
	- Segundo transformador Bosque 220/66 kV – 150 MVA	2017	
	- Subestación la Marina 66 kV y obras asociadas	2018	
	- Nuevo punto de conexión STN en Bolívar y obras asociadas (Bolívar 220 kV).		
	- Cambio de nivel de tensión	2019	
	- Repotenciación Gambote – El Carmen de 200 A a 469 A.	2018	
	- Repotenciación El Carmen - Zambrano de 200 A a 580 A.	2019	
Caribe Chinú	- Compensación en Montería de 20 MVA (32,4 MVA netos)	2016	
	- Conexión al STN en nueva subestación Montería 220 kV		
	- Subestación Cereté – Obra en proceso de adjudicación.		
	- Repotenciones propuestas por el OR:	2016	
	- Chinú – Coveñas de 504 A a 794 A.		
	- Coveñas – Toluviejo de 504 A a 580 A.		
- Sierra Flor – Toluviejo de 528 A a 600 A.			
- Boston – Sierra Flor de 600 A a 794 A.			
- Boston – Chinú 1 de 500 A a 584 A.			
- Boston – Chinú 2 de 500 a 580 A.			
Caribe- Guajira Cesar Magdalena	- Conexión al STN en nueva subestación Río Córdoba 220 kV	2016	
	- Compensación en Banco de 12 MVA (Efectivos 17.5 MVA)		
	- Nueva Subestación La Loma 110 kV		
	- Conexión STN en nueva subestación La Loma 110 kV		
	- Compensación en Riohacha y Maicao de 15 MVA cada uno		
	- Tercer transformador 220/110 kV – 100 MVA, además de aumentar la capacidad de transformación de 60 MVA a 100 MVA en el transformador 220/110 kV en Cuestecitas		
	- Segundo transformador 220/110 kV – 100 MVA en Valledupar.		2017
- Interconexión El Paso – La Loma 110 kV	2018		
Nordeste Santander	- Repotenciones:	2016	
	- El Paso – El Banco de 150 A a 400 A.		
	- Cuestecitas – Maicao de 200 A a 400 A.		
	- Repotenciación Codazzi – La Jagua de 200 A a 300 A.		2017
	- Segundo transformador Bucaramanga 230/115 kV – 150 MVA.		2017
	- Proyecto STR Palenque 230 kV.		
- Subestación Principal 115 kV.			
- Normalización T Bucaramanga.	2018		
- Subestación Conucos 115 kV.			
- Subestación Río Frio.			
- Línea Ocaña – San Alberto 115 kV.			
- Segundo circuito Barranca – Puerto Wilches 115 kV.			
- Subestación Buena Vista 115 kV.			
- Reconfiguración Barranca + 2 transformadores adicionales 230/115 kV.	2019		
Nordeste Norte de Santander	- Segundo transformador en San Mateo 115 kV.	2016	
	- Compensación en la subestación Tibú 115 kV.		
	- Dos transformadores adicionales en Ocaña 115 kV.		
	- Subestación Nueva Aguachica 115 kV.		
	- Reconfiguración de la línea Ocaña – Aguachica 115 kV.		
	- Compensación en Aguachica 115 kV.		
	- Normalización de la subestación Ayacucho 115 kV.		
	- Compensación en Ayacucho 115 kV.		
- Cambio de CT's Línea Ocaña – Aguachica Nueva 115 kV.			
- Repotenciación de la línea Belén – La Ínsula 115 kV.	2017		
- Repotenciación de la línea Ocaña – Convención 115 kV.			
- Línea Aguachica Nueva – Ayacucho 115 kV.			
- Repotenciación línea Tibú – Zulia 115 kV.	2018		
- Repotenciación línea Convención – Tibú 115 kV.	2019		
Nordeste Boyacá Casanare	- Transformador de Sochagota 115 kV más reconfiguración de las líneas Paipa – San Antonio 115 kV y San Antonio – Higuera 115 kV	2016	
	- Subestación Huche 115 kV más reconfiguración de la línea San Antonio – Boavita 115 kV	2017	
	- Subestación Alto Ricaurte 115 kV más reconfiguración de la línea Donato – Chiquinquirá 115 kV		

Área	Proyecto	Fecha de Entrada
	- Conexión STN/STR en San Antonio 230/115 kV – 2 x 150 MVA	
	- Segundo circuito San Antonio – El Huche 115 kV y El Huche – Boavita 115 kV	2018
	- Segundo circuito Donato – Alto Ricaurte 115 kV y Alto Ricaurte – Chiquinquirá 115 kV	
Antioquia	- Repotenciación El Salto - Yarumal 110 kV.	2016
Antioquia	- Nuevo punto de conexión en Guayabal 230/110 kV – 360 MVA.	
	- Barraje en Caucasia 110 kV.	
	- Hispania – Normalización subestación 110 kV.	2017
	- Línea Cerromatoso – Caucasia 110 kV.	
	- Subestación Sonsón y líneas asociadas 110 kV.	
	- Nuevo punto conexión en La Sierra 230/110 kV.	
	- La Sierra – Cocorná 110 kV.	
	- El Salto – Amalfí – La Cruzada 110 kV.	
Antioquia	- Compensación Huapango 115 kV.	2017
Chocó	- Nuevo circuito Hispania – Quibdó (Maniobra) – Huapango 115 kV, reformulado como nuevo circuito El Siete – Quibodo (Maniobra) 115 kV.	2020
Oriental	- STR asociado al proyecto Nueva Esperanza 115 kV.	2016
Bogotá	- STR asociado al proyecto Norte 115 kV.	
	- Subestación Gran Sabana 115 kV.	
	- Nueva subestación Compartir 115 kV.	
Oriental	- Nuevo punto de conexión STN en Suria 230/115 kV.	2016
Meta	- Nueva subestación Guamal 115 kV y líneas asociadas.	2017
Guaviare	- Nueva subestación Catama 115 kV y líneas asociadas.	2018
Suroccidental	- El segundo banco autotransformador en la subestación Enea 230/115 kV.	2018
Caldas	- Normalización T subestación Manzanares 115 kV.	
Quindío	- Tercer autotransformador en la subestación Esmeralda 230/115 kV.	
Risaralda	- Segundo banco autotransformador en la subestación Hermosa 230/115 kV	
	- Reconfiguración doble circuito Esmeralda – Rosa 115 kV.	
Suroccidental	- Subestación Bahía y obras asociadas 115 kV.	2016
Suroccidental	- Cambio de nivel de tensión Subestación Sur y obras asociadas.	2018
- Valle	- Subestación Diésel II y obras asociadas 115 kV.	
	- Subestación Ladera y obras asociadas 115 kV.	
	- Subestación Arroyohondo y obras asociadas 115 kV.	2020
Suroccidental	- Subestación San Martín 115 kV.	2016
- Cauca	- Subestación Jardinera 115 kV.	
Nariño		
Suroccidental	- Nuevo punto conexión Tuluní 220 kV.	2016
- Tolima		
Huila	- Segundo circuito Altamira – Florencia - Doncello 115 kV.	2017
Caquetá	- Segundo transformador en Altamira 230/115 kV	

Fuente: Plan de Expansión de Referencia Generación- Transmisión 2015-2029 (UPME, 2015)

Según el Plan Visión 2019, se tienen las siguientes metas (ver **Tabla 2.3-12**).**Tabla 2.3-12 Metas de cobertura del servicio de energía eléctrica según Plan Visión 2019**

Meta	Situación 2010	Situación 2019
Aumentar cobertura del servicio de energía eléctrica en zonas interconectadas	95,10%	99,37%
Aumentar cobertura del servicio de energía eléctrica en zonas no interconectadas – ZNI	45,55%	75,49%

Fuente: Plan Visión 2019 (DNP, 2005)

En la **Tabla 2.3-13** se presenta una comparación entre las longitudes de las líneas de transmisión de electricidad entre Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia, considerando

además la superficie y la población. Es notorio que Colombia tiene ventaja sobre sus vecinos, con respecto a la longitud de sus líneas de transmisión eléctrica y en proporción a su población y superficie. Sin embargo, como se puede ver en la **Figura 2.3-1**, se tiene una concentración de las líneas de transmisión eléctrica en la denominada Región Andina y una parte de la Región Caribe, donde está más concentrada la población colombiana.

**Tabla 2.3-13 Comparación de Longitud de Líneas de Transmisión con países andinos**

País	Superficie (km <sup>2</sup> ) <sup>1</sup>	Población <sup>2</sup>	Longitud líneas de transmisión (km)	Niveles de voltaje (kV)
Colombia	1.141.748,0 <sup>3</sup>	46.857.930 <sup>4</sup>	24.982,0 <sup>5</sup>	500, 230, 220, 138, 115, 110
Venezuela	916.445,0	31.028.337	7.544,0 <sup>6</sup>	765,400, 230
Ecuador	283.561,0	16.298.217	3.559,0 <sup>7</sup>	230, 138
Perú	1.285.216;2	31.151.643	20.585,0 <sup>8</sup>	500, 220, 138, 60-75, 30-50
Bolivia	1.098.581,0	10.027.254	4.088,8 <sup>9</sup>	230, 115, 69

Fuente: JST

Con respecto a los niveles de voltaje o tensión de las líneas de transmisión, Venezuela cuenta con una mejor red, debido a que maneja tensiones más elevadas, con lo cual se reducen las pérdidas de energía. Colombia está en un nivel intermedio, mientras que Ecuador tendría un porcentaje más alto de pérdidas de energía.

En la **Tabla 2.3-14** se presenta la capacidad de intercambios interconexiones internacionales. Se observa un ligero predominio de la exportación sobre la importación, en la interconexión eléctrica de Colombia, tanto con Venezuela como con Ecuador.

**Tabla 2.3-14 Interconexiones Internacionales**

Interconexiones	Importación (MW)	Exportación (MW)
Total Interconexión con Ecuador	395	536
Total Interconexión con Venezuela	205	336
Total Interconexiones Internacionales	600	871

Fuente: Sistema de información de XM

<sup>1</sup> Información de Wikipedia

<sup>2</sup> Información de Wikipedia

<sup>3</sup> Información del DANE

<sup>4</sup> Información del DANE

<sup>5</sup> Sistema de información de XM

<sup>6</sup> González – Longatt, F., 2007

<sup>7</sup> Plan Maestro de Electrificación de Ecuador 2013 - 2022

<sup>8</sup> Pacific Credit Rating – PCR, 2014

<sup>9</sup> Comité Nacional de Despacho de Carga – CNDC, 2015

## 2.4 Oferta y Demanda

El consumo de energía generalmente es proporcional al crecimiento de la economía. Según García & Camacho (2016), en Colombia, hasta los años 90's la demanda de energía y la economía crecían en proporciones similares. A partir de los 90's, la eficiencia energética aumentó y la cantidad de energía requerida para producir una unidad de PIB (Producto Interno Bruto) disminuyó. Desde entonces, la demanda de energía es cercana al crecimiento de la población.

Naciones Unidas proyecta que Colombia tendría una población de 50 millones de habitantes para el 2050 y, después de este año, la población disminuiría paulatinamente, como consecuencia de las bajas tasas de fertilidad (envejecimiento de la población). Lo anterior, sumado al crecimiento económico esperado para los próximos años (2-4%), reflejaría la necesidad de incrementar la generación de energía, con el fin de satisfacer el mayor consumo de la economía y la población.

El procedimiento para realizar las proyecciones de demanda de energía y potencia máxima consta de cuatro (4) pasos (UPME, 2013):

- Seguimiento al consumo energético mensual y anual, a la evolución macroeconómica nacional y de los sectores productivos, y a los posibles eventos que pudieron haber afectado la evolución de las variables relacionadas. Adicionalmente, se considera la información sobre caracterización energética, generada por UPME (usos, hábitos y equipos de consumo).
- Después de validar y analizar la información se desarrollan modelos con horizontes de proyección de corto y largo plazo, con el fin de estimar la evolución futura del consumo energético, a partir de su tendencia, estacionalidad y de la posible evolución macroeconómica del país.
- A continuación, se verifica la coherencia de los resultados obtenidos entre los diferentes modelos y en relación con el desempeño económico esperado en los siguientes meses y años, lo cual puede llevar a hacer correcciones y recalcular las cifras.
- Finalmente, los resultados son sometidos a un análisis al interior de la UPME y, a veces, con agentes externos, para hacer ajustes o correcciones, de ser necesario, y publicar los resultados.

Según UPME (2010), para la estimación de las demandas a corto plazo se aplica la metodología de series de tiempo, mientras que para el largo plazo se aplican modelos econométricos, los cuales consideran la relación histórica del consumo de energía con variables macroeconómicas y de población. A partir de la estimación del comportamiento futuro de las variables mencionadas, realizado por las agencias del gobierno responsables del tema, se establecen escenarios de evolución del consumo y de la demanda eléctrica.

La metodología utilizada para la proyección de la demanda de energía y potencia máxima de largo plazo presenta una ecuación característica, a saber: La demanda de energía eléctrica de

cada año, es igual a la suma de las ventas de la misma, las pérdidas de los sistemas de producción, las cargas especiales<sup>1</sup> y las pérdidas del sistema de transmisión nacional.

UPME, a junio de 2016, ha proyectado un escenario de crecimiento económico para Colombia de 2,3% para el año 2016 y 3,2% para el año 2017, y un crecimiento a mediano plazo de 3,8% (2020). La anterior previsión corresponde a un ajuste gradual de la economía colombiana, luego de la caída en el precio de los hidrocarburos y minerales, lo cual ha contraído la actividad económica del sector minero-energético.

A pesar de lo anterior, la demanda de electricidad del SIN, para el período octubre de 2015-marzo de 2016, alcanzó un crecimiento del 4,75%, y la potencia tuvo un incremento del 5,12%, como consecuencia del fenómeno de El Niño (aumento de temperatura, sequía extrema y cambio en los patrones de precipitación) (UPME, 2016). Los efectos del fenómeno de El Niño sobre el sector eléctrico se encuentran en el comportamiento de variables como la demanda, la generación térmica, el precio de la bolsa.

Sin embargo, UPME (2016) ha realizado proyecciones anuales para el período 2016-2030, las cuales, al compararse con las proyecciones realizadas en octubre de 2015, han bajado alrededor de 1,95% con respecto a la demanda de energía eléctrica, mientras que para la potencia máxima han descendido un 1,39%. La **Tabla 2.4-1** muestra la proyección de la potencia máxima nacional en junio de 2016 bajo tres escenarios (alto, medio y bajo) que UPME publicó. Bajo cualquier escenario la potencia máxima tiende a aumentar cada año, mostrando que en 2030 será 4.000MW más que la potencia máxima actual.

**Tabla 2.4-1 Proyección de la Potencia Máxima Total Nacional en MW**

Proyección MW			
Año	Escenario Alto	Escenario Medio	Escenario Bajo
2016	10889	10490	10107
2017	11208	10800	10408
2018	11753	11337	10937
2019	12041	11618	11210
2020	12304	11871	11455
2021	12507	12065	11640
2022	12714	12263	11828
2023	12924	12463	12019
2024	13155	12683	12229
2025	13409	12926	12462
2026	13680	13186	12711
2027	13969	13463	12977
2028	14268	13750	13251
2029	14583	14052	13541
2030	14917	14372	13849

Fuente: Proyección de demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia. Revisión Junio de 2016. UPME.

<sup>1</sup> Las cargas especiales corresponden a la demanda del sector minero y petrolero (Cerromatoso, Cerrejón, La Cira-Infantas de Ecopetrol, Drummond), las cuales tienen una dinámica guiada por la economía internacional, más que por la nacional (UPME, 2013).

La **Tabla 2.4-2** muestra la proyección del porcentaje de crecimiento anual de la demanda nacional de energía eléctrica. El aumento de la demanda de la energía eléctrica para el año 2016 en el escenario medio es del 4,3 % en comparación con el año precedente y para el año 2015, igualmente, es del 4,2 % comparado con el año precedente. Para el año 2018, se proyecta un incremento del 5,0 %, aunque posteriormente el aumento se atenúa alrededor del 3 %.

**Tabla 2.4-2 Porcentaje de crecimiento de la Demanda Proyectada de Energía Eléctrica Total Nacional**

<b>Proyección Demanda de Energía Eléctrica Total SIN Nacional (%)</b>			
<b>Año</b>	<b>Escenario Alto</b>	<b>Escenario Medio</b>	<b>Escenario Bajo</b>
<b>2016</b>	6,2%	4,3%	2,4%
<b>2017</b>	3,8%	3,2%	2,6%
<b>2018</b>	5,0%	5,0%	5,1%
<b>2019</b>	3,1%	3,1%	3,1%
<b>2020</b>	2,9%	2,9%	2,9%
<b>2021</b>	2,5%	2,5%	2,5%
<b>2022</b>	2,5%	2,5%	2,5%
<b>2023</b>	2,6%	2,5%	2,5%
<b>2024</b>	2,7%	2,7%	2,7%
<b>2025</b>	2,8%	2,8%	2,8%
<b>2026</b>	2,9%	2,9%	2,9%
<b>2027</b>	3,0%	3,0%	3,0%
<b>2028</b>	3,1%	3,1%	3,1%
<b>2029</b>	3,2%	3,2%	3,2%
<b>2030</b>	3,3%	3,3%	3,3%

Fuente: Proyección de demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia. Revisión Junio de 2016. UPME.

La **Tabla 2.4-3** muestra la proyección de la potencia máxima del SIN, expresada por el porcentaje de crecimiento. El valor proyectado para 2016 varía considerablemente, según los escenarios, aunque muestra que después, bajo cualquier escenario, seguirá creciendo sin haber casi diferencias entre los escenarios. Las proyecciones de la potencia máxima y la demanda se renuevan cada año.

#### 2.4.1 Oferta

La oferta o suministro de electricidad se basa en la capacidad instalada y en la producción o generación. Adicionalmente, el suministro eléctrico depende del Sistema de Interconexión Nacional – SIN (red nacional de interconexión), así como de varias redes locales aisladas, en las Zonas No Interconectadas – ZNI (zonas marginales que no están conectadas al SIN).

##### (1) Capacidad Instalada

El Sistema de Interconexión Nacional – SIN, corresponde a la tercera parte del territorio, dando cobertura al 96 por ciento de la población. El sistema ZNI, que cubre las dos terceras partes restantes del territorio nacional, solamente provee servicio al 4 por ciento de la población.

El porcentaje de participación térmica en la generación eléctrica se ha incrementado desde mediados de la década de 1990. Lo anterior, como respuesta a la crisis de 1992-1993, ocasionada por las sequías asociadas al fenómeno de El Niño, y a la alta dependencia de la generación de energía por medio de hidroeléctricas.

**Tabla 2.4-3 Porcentaje de crecimiento de la Demanda Proyectada de la Potencia Máxima**

<b>Proyección Demanda de Potencia Máxima Total SIN Nacional (%)</b>			
<b>Año</b>	<b>Escenario Alto</b>	<b>Escenario Medio</b>	<b>Escenario Bajo</b>
2016	7,9%	3,9%	0,1%
2017	2,9%	3,0%	3,0%
2018	4,9%	5,0%	5,1%
2019	2,5%	2,5%	2,5%
2020	2,2%	2,2%	2,2%
2021	1,7%	1,6%	1,6%
2022	1,7%	1,6%	1,6%
2023	1,7%	1,6%	1,6%
2024	1,8%	1,8%	1,7%
2025	1,9%	1,9%	1,9%
2026	2,0%	2,0%	2,0%
2027	2,1%	2,1%	2,1%
2028	2,1%	2,1%	2,1%
2029	2,2%	2,2%	2,2%
2030	2,3%	2,3%	2,3%

Fuente: Proyección de demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia. Revisión Junio de 2016. UPME.

En la **Tabla 2.4-4** se presenta la capacidad efectiva, según el tipo de generación, a diciembre 31 de 2015.

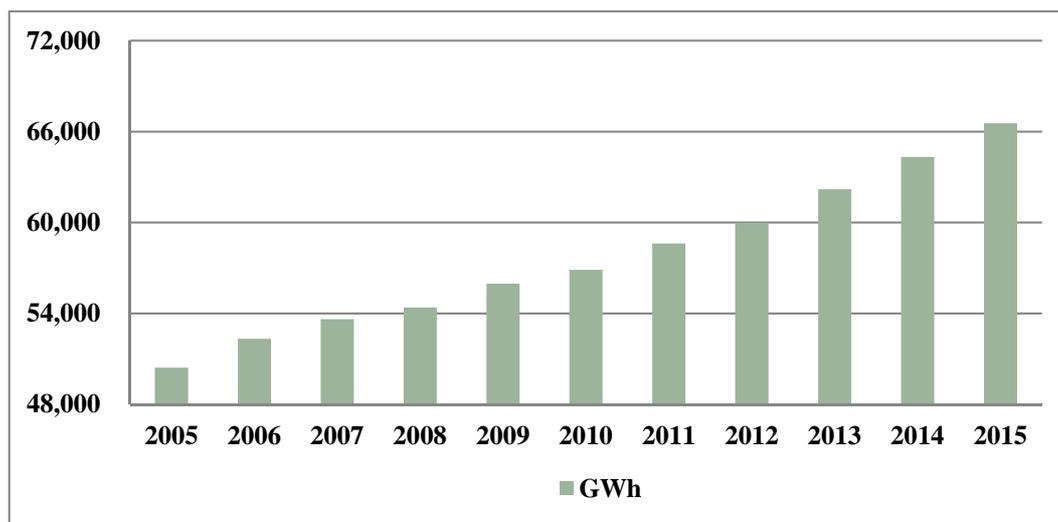
**Tabla 2.4-4 Capacidad Efectiva por Tipo de Generación**

<b>Tipo /Combustible</b>	<b>2015 (MW)</b>
<b>DESPACHADAS CENTRALMENTE</b>	
Hidráulica	10.892,00
Agua	10.892,00
Térmica	4.743,00
ACPM	1.247,00
Carbón	1.339,00
Combustoleo	299,00
Gas	1.548,00
Jet-A1	46,00
Mezcla Gas – Jet-A1	264,00
<b>NO DESPACHADAS CENTRALMENTE</b>	
Cogenerador	84,20
Bagazo	74,80
Carbón	9,40
Gas	0,00
Eólica	18,42
Viento	18,42
Hidráulica	620,72
Agua	620,72
Térmica	135,15
Biogas	3,30
Carbón	9,90
Gas	121,95
<b>TOTAL CAPACIDAD EFECTIVA NETA</b>	<b>16.420,00</b>

Fuente: www.xm.com.co

## (2) Producción (Generación)

De acuerdo con XM<sup>1</sup>, a diciembre 31 de 2015, la generación anual de energía eléctrica en Colombia fue de 66.548,5 GWh, 3,5% por encima de la registrada en 2014, para este mismo período (64.327,9 GWh). Este crecimiento está asociado principalmente con el aumento en la demanda del SIN. Dicha generación se logró utilizando los 16420 MW de capacidad efectiva neta instalada en el SIN (a 31 de diciembre de 2015) (ver **Figura 2.4-1**).



Fuente: Elaborado con base en los datos de [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

### Figura 2.4-1 Evolución de la provisión de electricidad en Colombia (2005 – 2015) - GWh

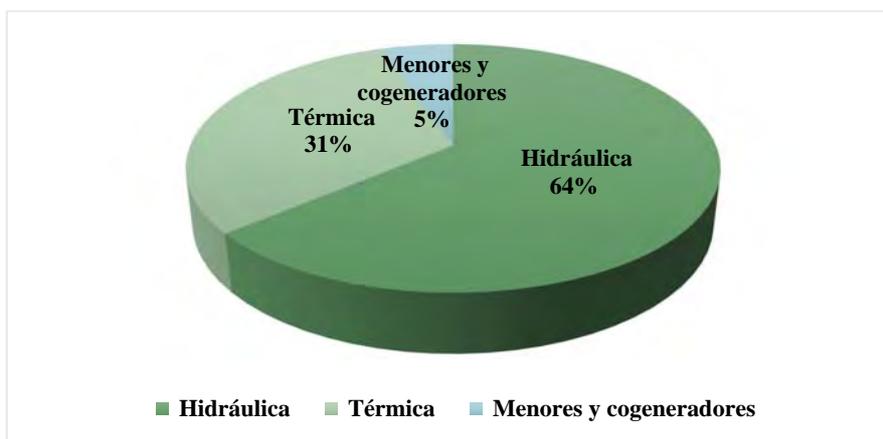
En 2015 se destaca el incremento de la generación térmica con un crecimiento del 12,1% frente a 2014, mientras la generación hidráulica para 2015 aumentó en un 0,7% frente a 2014. El crecimiento en la generación térmica fue consecuencia del déficit en aportes hídricos, evidenciado desde septiembre de 2015 (entre septiembre y diciembre de 2015, ingresaron aportes equivalentes al 57,8% de la media histórica). Este déficit es ocasionado por el fenómeno de El Niño, que se desarrolló durante el segundo semestre de 2015.

La **Figura 2.4-2** presenta la capacidad efectiva neta por tipo de generación para el año 2015.

En la **Figura 2.4-3** se presenta la variación en la composición de la generación del SIN, expresada en porcentaje, para el período 2010 – 2015. Se puede apreciar un descenso en la participación de la generación hidráulica, un ascenso en la generación térmica y una estabilidad en la generación de los menores<sup>2</sup> y cogeneradores.

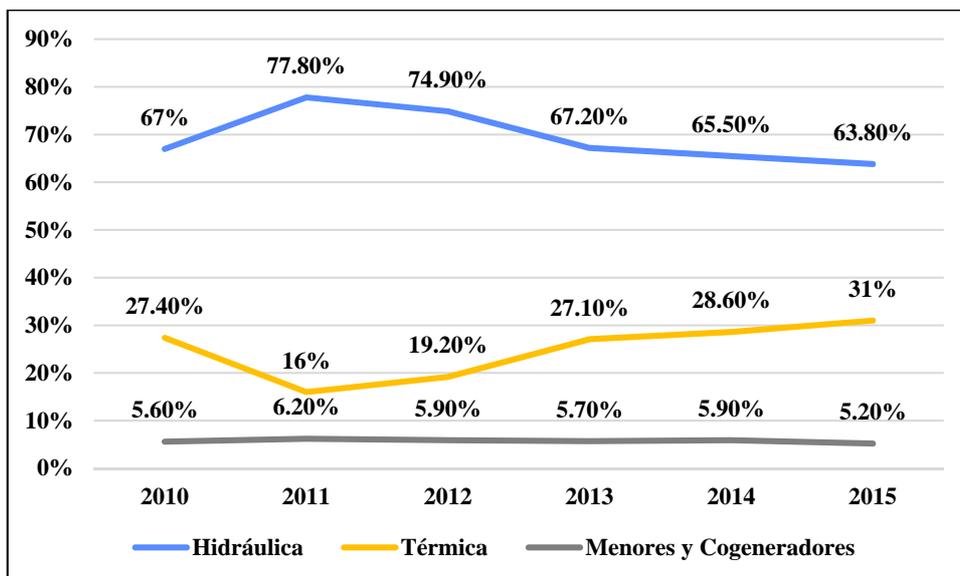
<sup>1</sup> <http://informesanuales.xm.com.co/2015/SitePages/operacion/2-4-Generacion-del-SIN.aspx>

<sup>2</sup> Se denominan menores a las plantas con capacidad instalada menor o igual a 20 MW, y pueden ser de cualquier tipo, incluyendo plantas hidráulicas y térmicas.



Fuente: Con información de [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

**Figura 2.4-2 Capacidad efectiva neta por tipo de generación**



Fuente: Con información de [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

**Figura 2.4-3 Variación porcentual en la composición de la generación del SIN en años recientes**

Según XM, debido al impacto del fenómeno de El Niño, en el año 2015 hubo un déficit de aportes energéticos del orden del 21%. Cabe anotar, que desde mediados del año 2012, los aportes hídricos al SIN han sido deficitarios, lo cual podría incidir en los tiempos de recuperación de las cuencas, una vez termine el actual evento El Niño.

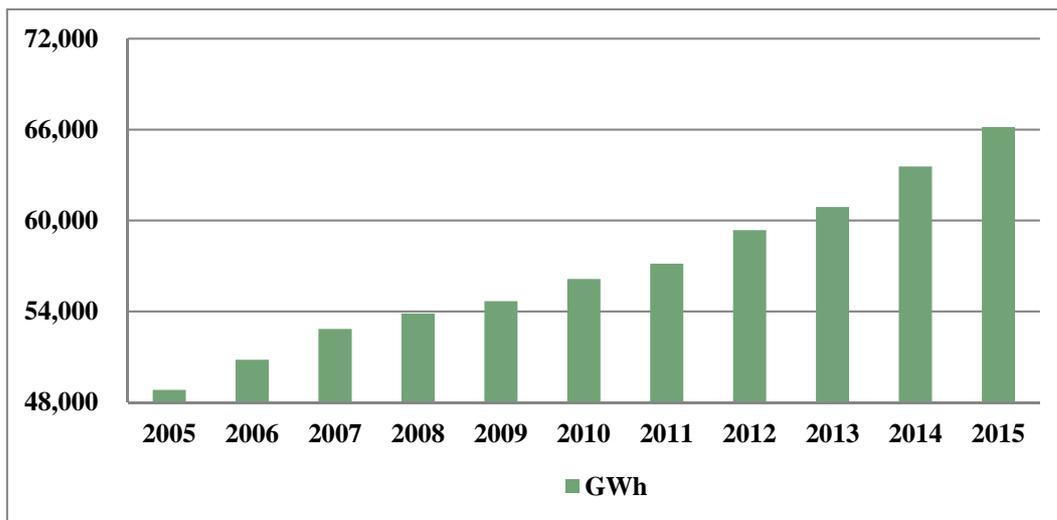
### 2.4.2 Demanda

Según XM, la demanda de energía en Colombia en el año 2015 se vio impactada por las altas temperaturas, presentadas en el tercer y cuarto trimestre, ocasionadas por el fenómeno de El Niño, aspecto que se observa en el comportamiento del tercer y cuarto trimestre, en las regiones

cálidas del país, el cual se refleja en el crecimiento, obtenido durante el año, del consumo de energía eléctrica del mercado regulado (residencial y pequeños negocios), que alcanzó un 5,5%, mientras que el mercado no regulado (industria y comercio) solo creció el 1,7%.

En la **Figura 2.4-4** se presenta la evolución de la demanda de electricidad en Colombia en el período 2005 – 2015.

En la **Tabla 2.4-5**, se presenta la demanda de energía por tipo de mercado y por actividad económica, para el período 2011 -2015.



Fuente: Elaborado con base en los datos de [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

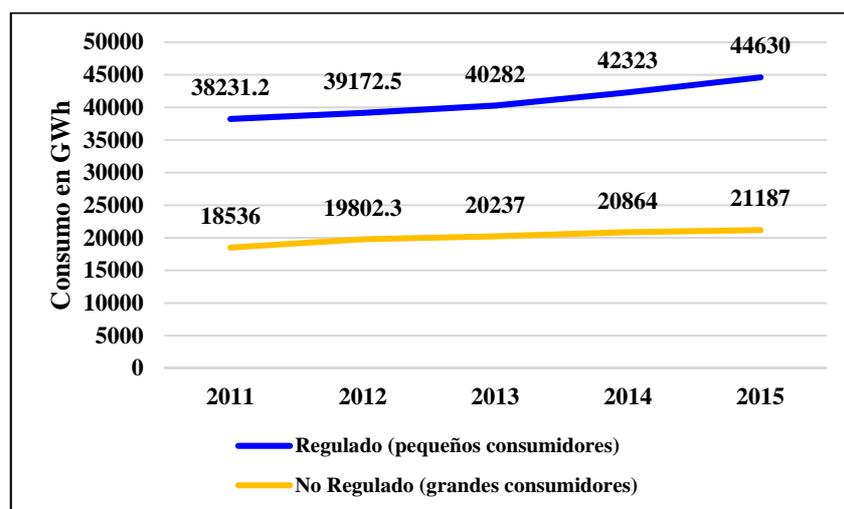
**Figura 2.4-4 Evolución de la demanda de electricidad en Colombia (2005-2015) – GWh**

**Tabla 2.4-5 Demanda de Energía por Tipos de Mercado y Actividades Económicas**

Tipo de mercado o Actividad económica	Demanda 2011 (GWh)	Demanda 2012 (GWh)	Demanda 2013 (GWh)	Demanda 2014 (GWh)	Demanda 2015 (GWh)
<b>Tipo de mercado</b>					
Regulado (pequeños consumidores)	38231,2	39172,5	40282	42323	44630
No Regulado (grandes consumidores)	18536,0	19802,3	20237	20864	21187
Demanda Total	56767,2	58974,8	60519	63187	65817
<b>Actividad económica</b>					
Industrias manufactureras	7990,2	8209,9	9546	9493	9491
Explotación de minas y canteras	3442,0	4162,7	3828	4382	4637
Servicios sociales, comunales y personales	2657,8	2586,6	2363	1845	1809
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	1559,4	1709,8	1704	1465	1431
Electricidad, gas de ciudad y agua	1369,5	1423,7	1051	387	475
Transporte, almacenamiento y comunicación	594,4	658,4	609	301	355
Agropecuario, silvicultura, caza y pesca	467,5	518,0	532	546	591
Establecimientos financieros, seguros, inmuebles y servicios a las empresas	423,8	492,1	560	1119	1125
Construcción	31,4	41,1	45	1327	1274

Fuente: www.xm.com.co

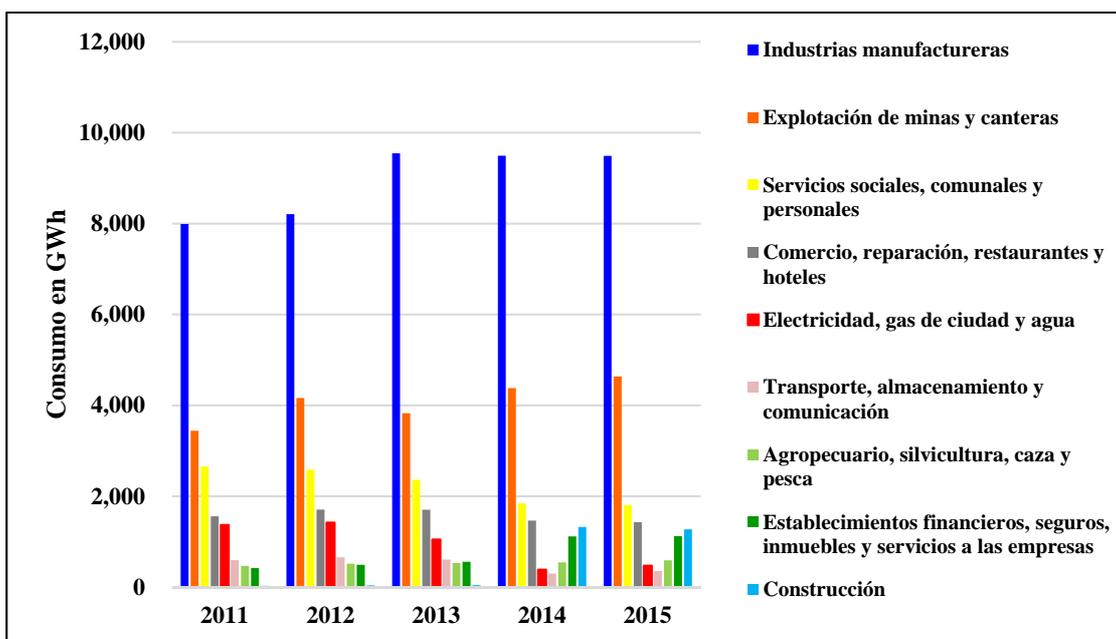
En la **Figura 2.4-5** se presenta la variación del tipo de mercado en el período 2011-2015. Se puede observar que la tendencia permanece durante el período, conservándose una proporción similar entre los mercados regulado y no regulado.



Fuente: JTS con información de www.xm.com.co

**Figura 2.4-5 Variación de la demanda por tipo de mercado en el período 2011 – 2015**

La **Figura 2.4-6** muestra el comportamiento de la demanda por actividad económica para el período 2011 - 2015. Se observa un estancamiento en el sector de manufacturas, así como en el de comercio, reparación, restaurantes y hoteles; y en el de agropecuario, silvicultura, caza y pesca. Se presentan incrementos en explotación de minas y canteras; construcción; establecimientos financieros, seguros, inmuebles y servicios a las empresas. Finalmente, se observa un decrecimiento en servicios sociales, comunales y personales; electricidad, gas de ciudad y agua; y en transporte, almacenamiento y comunicación.



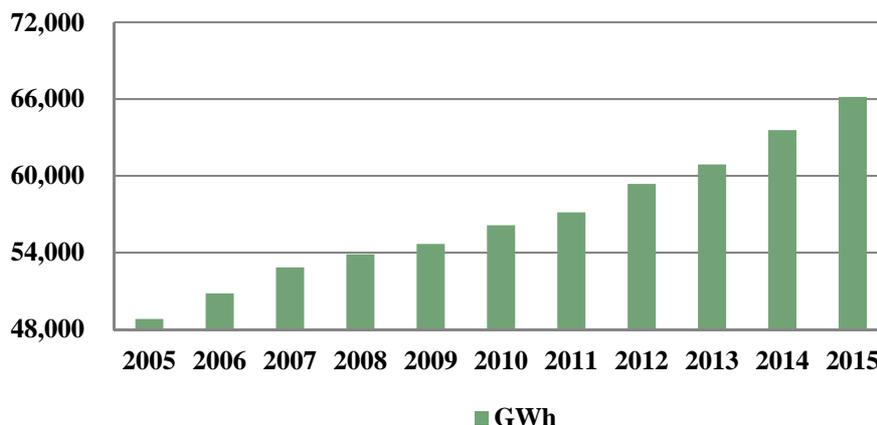
Fuente: JTS con información de [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

**Figura 2.4-6 Demanda de energía por actividad económica en el período 2011 - 2015**

La demanda de energía del mercado no regulado (grandes consumidores) tuvo un bajo crecimiento durante 2015, debido principalmente al estancamiento de la industria manufacturera en el país (-0,2%) y a la contracción del consumo de energía para la actividad de explotación de minas y canteras, ocasionado esencialmente por la crisis petrolera a nivel mundial. Por otra parte, se destaca el crecimiento de la actividad de electricidad, gas de ciudad y agua, la cual alcanzó un crecimiento del 22,7%, aunque su participación en la canasta del mercado no regulado es muy baja; y su aumento fue causado por mayor consumo de energía para bombeo debido al fenómeno de El Niño.

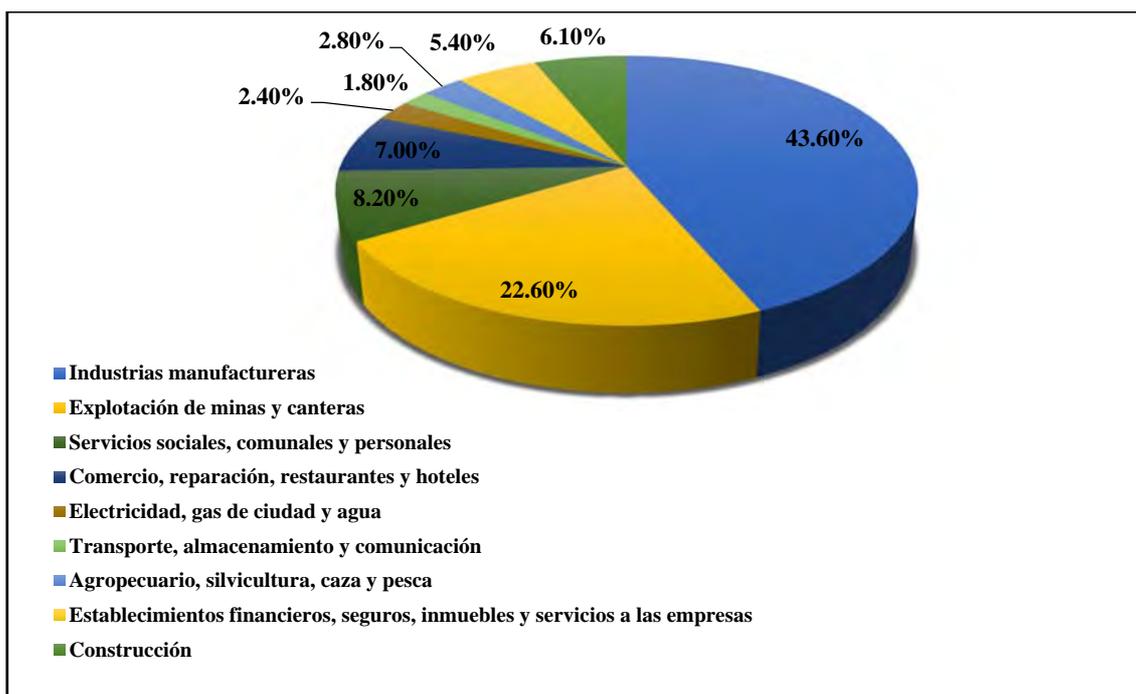
En Colombia, en el año 2015, la demanda de energía eléctrica tuvo una tasa de crecimiento del 4,2% (**Figura 2.4-7**), con respecto al año anterior, con un consumo total de 66.174 GWh, de los cuales, el 69% corresponde al mercado regulado (residencial y pequeños negocios).

En la **Figura 2.4-8** se presenta la demanda de energía por actividad económica para el año 2015, en la cual se destaca la participación de las industrias manufactureras (43,6%), pese al estancamiento que han presentado en los últimos años, y de la explotación de minas y canteras (22,6%).



Fuente: www.xm.com.co

**Figura 2.4-7 Comportamiento de la Demanda de Energía Anual en Colombia – GWh**

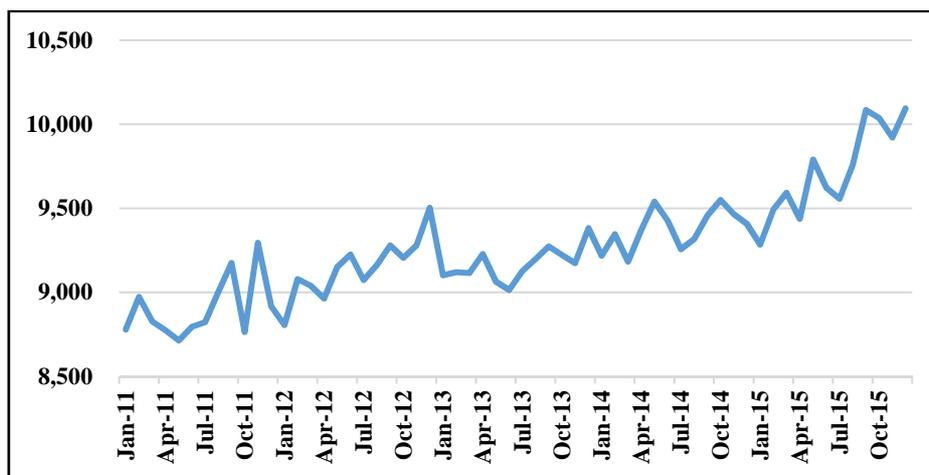


Fuente: www.xm.com.co

**Figura 2.4-8 Demanda de Energía por Actividad Económica año 2015**

En la **Figura 2.4-9** se presenta la demanda máxima de potencia para el período 2011 – 2015, cuyo pico se presentó el 2 de diciembre de 2015, con un valor de 10095 MW.

Vale la pena diferenciar los términos relacionados con la capacidad, demanda, disponibilidad y potencia, de la siguiente manera, según el glosario de XM (<http://www.xm.com.co/Pages/GlosarioXM.aspx>):



Fuente: www.xm.com.co

**Figura 2.4-9 Demanda Máxima de Potencia en MW período 2011 - 2015**

**Capacidad efectiva:** es la máxima cantidad de potencia neta (expresada en megavatios) que puede suministrar una unidad de generación en condiciones normales de operación.

**Potencia nominal:** es la potencia en megavatios a la que puede operar un equipo sin presentart pérdida de vida útil o daños atribuibles a la operación del mismo.

**Demanda máxima:** es la potencia pico consumida en un área o en el Sistema Interconectado Nacional – SIN.

**Disponibilidad de generación:** es la máxima cantidad de potencia neta (megavatios) que un generador puede suministrar al sistema durante un intervalo de tiempo determinado.

Con respecto al consumo de energía eléctrica por sectores, se tiene lo siguiente: El consumo mayor de energía eléctrica durante la última década se presentó en los hogares, ya que el consumo residencial representaba el 41% del consumo total de energía eléctrica, en el 2003, y pasó al 46% en el 2014, aunque disminuyó a 42% en el 2015. Por otro lado, se presentaron variaciones en el sector comercial, mientras que el sector industrial redujo su participación en el consumo total de energía eléctrica (Tabla 2.4-6). Según UPME (2015), aunque se ha presentado crecimiento en el consumo de los tres sectores, se evidencia una alta fluctuación en el crecimiento del consumo, con alternancia de años de alto crecimiento con años de crecimiento moderado.

**Tabla 2.4-6 Variación en el Consumo de Energía Eléctrica por Sector (2003 - 2014)**

Sectores	2003	2009	2014	2015
Residencial	41%	41,2%	46%	42%
Industrial	40%	33,8%	30%	27%
Comercial	20%	25%	23%	21%

Fuente: XM - UPME

### 2.4.3 Estado Actual del Mercado de Energía

En el Mercado de Energía Mayorista – MEM<sup>1</sup> se transa toda la energía requerida para abastecer la demanda de los usuarios conectados al SIN (comercializadores), y que es ofertada por los generadores, que conectan sus plantas a dicho sistema.

En la **Tabla 2.4-7** se presentan algunas transacciones y valores asociados al mercado energético colombiano.

**Tabla 2.4-7 Variables del Mercado**

Variables de Mercado						
Variables	2011	2012	2013	2014	2015	Crecimiento con respecto al 2014
<b>TRANSACCIONES</b>						
Energía transada en la bolsa (GWh)	16787	17016	14948	15544	16905	8,76%
Energía transada en contratos (GWh)	62179	67183	71375	69846	71564	2,46%
Total energía transada (GWh)	78966	84199	86323	85390	88469	3,61%
<b>PRECIOS</b>						
Precio promedio ponderado bolsa nacional (COP/kWh)	76,2	116,16	178,88	225,51	378,31	67,76%
Precio promedio ponderado contratos (COP/kWh)	118,0	120,79	125,81	131,46	143,42	9,10%

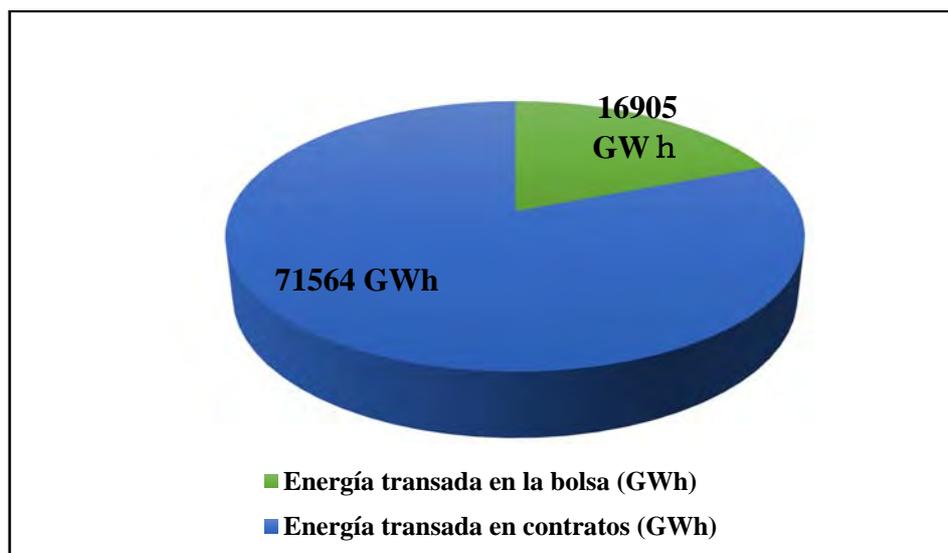
Fuente: [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

La energía transada en la bolsa, durante el año 2015, tuvo un incremento del 8,76%, aunque lo que predomina es la energía transada en contratos. Con respecto a los precios, el precio ponderado de bolsa nacional tuvo un incremento del 67,76%. Este incremento se explica por la respuesta de los generadores hidráulicos ante la disminución de los aportes hídricos, con motivo del fenómeno de El Niño. El precio de bolsa nacional horario superó el Precio de Escasez, lo cual afectó la liquidación de las desviaciones del Cargo por Confiabilidad.

Para el período 2011 – 2015, la energía transada en contratos presenta un predominio sobre aquella transada en bolsa debido a la estabilidad en los precios, con incrementos moderados. En el mismo período, el precio de la energía en bolsa ha tenido un incremento alrededor del 400%, mientras que el precio promedio en contratos ha tenido un incremento del 21%.

En la **Figura 2.4-10**, se muestra la energía transada durante el año 2015, tanto en bolsa como en contratos.

<sup>1</sup> Características generales del Mercado de Energía Mayorista MEM  
([http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/mercado\\_mayorista/caracteristicas\\_generales.htm](http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/mercado_mayorista/caracteristicas_generales.htm))



Fuente: [www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)

**Figura 2.4-10 Energía Transada Durante El Año 2015**

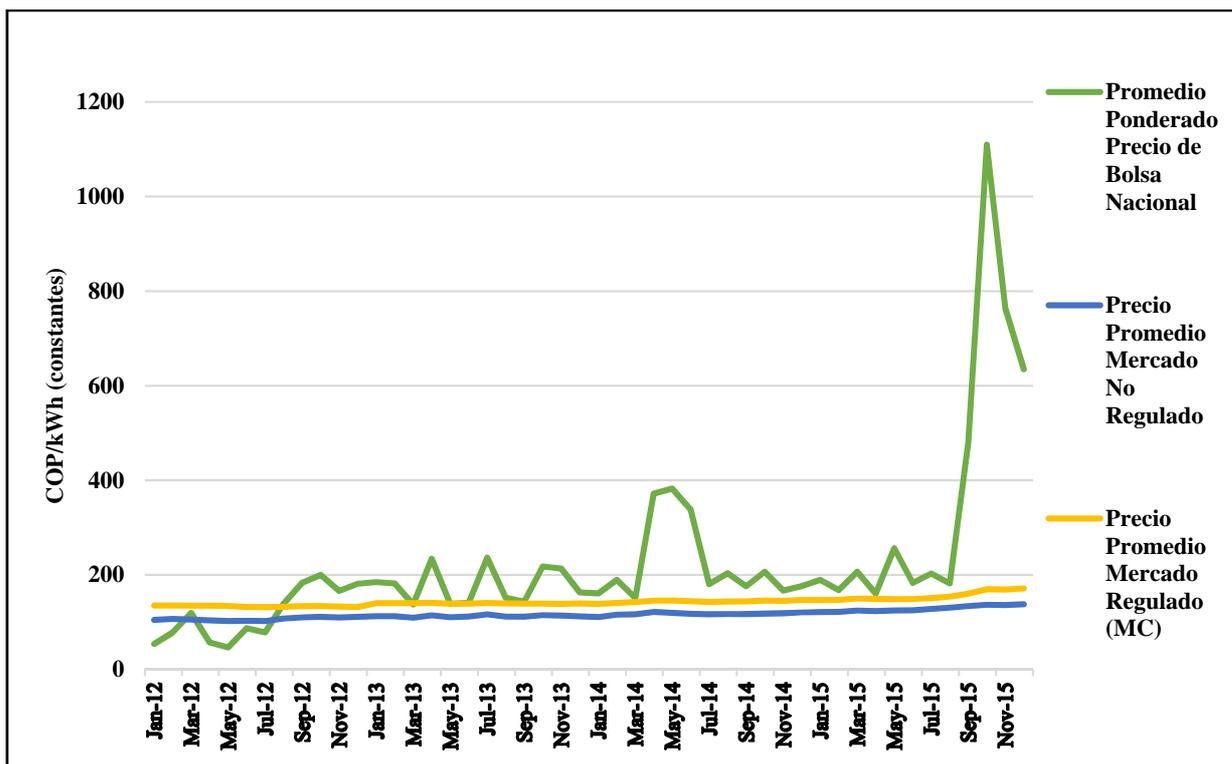
En la **Figura 2.5-1** se presentan los cambios en los últimos tres años de los precios promedio ponderado mensual, tanto de la bolsa como de contratos, por tipo de mercado, en pesos constantes de diciembre de 2015 ([www.xm.com.co](http://www.xm.com.co)). Se observa un crecimiento en el precio de bolsa a partir de septiembre de 2015, el cual estuvo influenciado por la disminución del recurso hídrico por el fenómeno de El Niño, así como por incrementos en las ofertas promedio de las plantas hidráulicas.

El precio de bolsa nacional para el 2015 tuvo un crecimiento del 67,76%, finalizando este año con un precio ponderado anual de 378,31 COP/kWh; mientras que para los contratos, el precio promedio anual fue de 143,42 COP/kWh para el año 2015, con un incremento del 9,10%, con respecto al 2014.

## 2.5 Plan de Desarrollo de Instalaciones para la Generación y Transmisión de Electricidad

Según García & Camacho (2016), los proyectos de energía eléctrica en desarrollo serían suficientes a futuro para satisfacer la demanda. La proyección de la demanda de potencia máxima de energía, según el Escenario Alto (ver **Tabla 2.4-1**) del año 2016 es de 10889 MW y la capacidad efectiva, a octubre de 2016, es de 16.529,54 MW (<http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/generacion.aspx?q=capacidad>, consultada el 16 de octubre de 2016); lo cual muestra un panorama actual de suficiencia. Para el caso de la generación eléctrica, el gobierno colombiano considera que son varios los proyectos que en el mediano plazo incrementarán la oferta y suplirán ampliamente la demanda proyectada. La apertura reciente de la hidroeléctrica El Quimbo (400 MW), así como de las termoeléctricas Tasajero II (150 MW) y Gecelca (160 MW), serán el soporte para atender la demanda en el corto plazo. Con respecto al mediano plazo, la puesta en marcha de la primera fase de la hidroeléctrica de Ituango (1200 MW), proyectada para finales del 2018, será de gran importancia para el abastecimiento de la demanda. Adicionalmente, la segunda fase de Ituango (1200 MW), proyectada para el 2021, será clave, según la demanda proyectada para ese momento. Con respecto a la proyección al año 2020, según el Escenario Alto (ver **Tabla 2.4-1**),

la proyección de la demanda de potencia máxima total nacional sería de 12304 MW, mientras que la capacidad efectiva, proyectada para el año 2020, según el Escenario 12 del “Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión 2015 - 2019” (UPME, 2015) (ver **Tabla 1.1-3**), sería de 21564,02 MW, que incluye la generación de gran parte de los proyectos citados en este párrafo; con lo cual se garantizaría que el suministro (capacidad) sería muy superior a la demanda.



Fuente: www.xm.com.co

**Figura 2.5-1 Precios de Bolsa y Contratos Mercados Regulado y No Regulado (Pesos Constantes a Diciembre de 2015)**

Con respecto al gas natural (utilizado para una parte de la generación térmica), el gobierno proyecta un descenso gradual en la producción nacional y se prevé que el país perderá autosuficiencia en el año 2018 (UPME, 2015).

**2.5.1 Plan para Generación**

Por otra parte, UPME (2015), en el Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión 2015 – 2029, ha planteado diferentes escenarios a corto y largo plazo para la expansión en generación. Para los escenarios se analizaron los indicadores de confiabilidad energética, de acuerdo con la Resolución CREG 025 de 1995, lo cuales se presentan en la **Tabla 2.5-1**.

Tabla 2.5-1 Indicadores de Confiabilidad según Resolución CREG 025 de 1995

Indicador	Nombre	Definición	Expresión matemática
VERE	Valor Esperado de Racionamiento de Energía	Es la razón entre el valor esperado de la energía racionada en un mes, y la demanda nacional proyectada para dicho período	$VERE = \frac{\sum_{t=1}^n \left( \frac{\text{Energía mensual Racionada}_t}{n} \right)}{\text{Demanda nacional de energía}_{mes}}$ <p><math>n = \text{número de casos simulados}</math></p>
VEREC	Valor Esperado de Racionamiento de Energía Condicionado	Es la razón entre el valor esperado de la energía racionada en un mes, y la demanda nacional proyectada para dicho período.  Solo se consideran los casos donde se presenta déficit	$VEREC = \frac{\sum_{t=1}^m \left( \frac{\text{Energía mensual Racionada}_t}{m} \right)}{\text{Demanda nacional de energía}_{mes}}$ <p><math>m = \text{número de casos con déficit}</math></p>
Número de Casos con Déficit		Número de eventos durante todo el horizonte de planeamiento donde se presenta racionamiento de energía.	

Fuente: UPME

El análisis de la proyección de generación tiene como objetivo establecer las señales de corto plazo y, de igual manera, las alternativas de expansión en el largo plazo, con las cuales atender las necesidades de energía y potencia del país. Específicamente, el objetivo es determinar el instante en el tiempo cuando se necesita de nueva capacidad.

Para evaluar la idoneidad del resultado de los análisis de corto y largo plazo, se toma un año para la proyección y se comparan la demanda proyectada, la potencia efectiva proyectada y los valores medidos para verificar el resultado de los análisis. Y como consecuencia, el plan se aprueba como plan nacional elaborado por UPME. Para esta elaboración del plan, se juzga que los análisis son adecuados si están planteados escenarios para posibles varios casos de demanda y oferta, si los contenidos de esos escenarios son adecuados y si el resultado de los análisis cubre supuestos casos de futura demanda y oferta.

#### (1) Análisis de Corto Plazo

De acuerdo con los escenarios planteados, con proyectos definidos por el mecanismo del Cargo por Confiabilidad, se presenta el siguiente panorama:

- 1) No se evidencia desabastecimiento energético, considerando la programación de entrada de los nuevos proyectos, incluso con retrasos; es decir, cumplimiento de los indicadores de Confiabilidad.
- 2) El aporte de la hidroelectricidad en el horizonte 2018 – 2022 tiene un efecto en la reducción del Valor Esperado del Costo Marginal, debido principalmente a la entrada de Ituango – Fase I. Sin embargo, después de este período se observa un crecimiento sostenido, como consecuencia de la no entrada de algún proyecto de expansión (hidroeléctrico o renovable). La producción termoeléctrica se incrementa de manera sostenible en el tiempo, hasta llegar al final del período a 2500 GWh-mes.
- 3) Con respecto a las necesidades de expansión, para el 2021 se requeriría de capacidad adicional de generación.

## (2) Análisis de Largo Plazo

Con base en los escenarios de largo plazo, se plantean alternativas considerando diferentes tecnologías, incluyendo las no convencionales.

- 1) Los escenarios dan cumplimiento a los indicadores de Confiabilidad.
- 2) Al igual que en los escenarios de corto plazo, el aporte de la hidroelectricidad en el horizonte 2018-2022 tiene un efecto en la reducción del Valor Esperado del Costo Marginal, debido principalmente a la entrada de Ituango-fases I y II.
- 3) En el período 2015-2018 el valor esperado de la generación hidroeléctrica se incrementa por la entrada de la primera etapa de Ituango (2019-2020), y luego por la entrada de la segunda fase de esta central, al igual que 396,8 MW hidroeléctricos adicionales (2021-2022). A partir de este año el promedio del valor esperado de la generación hidroeléctrica es de 6298,18 GWh-mes (2023-2029).
- 4) Para el período 2018-2022 el valor esperado de la producción termoeléctrica se reduce. A partir de este último año, la generación térmica se incrementa, debido a la expansión con plantas que utilizan el carbón como principal recurso.
- 5) En relación a la producción térmica, esta se va reduciendo de manera paulatina a medida que se incremente la participación hidroeléctrica.
- 6) Si se tiene en cuenta un incremento en la generación eólica y en las no convencionales (biomasa, geotermia, fotovoltaica), se observa una complementariedad entre éstas y los recursos hidroeléctricos, y un decrecimiento en la generación térmica.
- 7) Se encontró para los casos que implican la incorporación de fuentes renovables, convencionales y no convencionales, una fuerte reducción del valor esperado del costo marginal.

## (3) Costo Nivelado de Generación

Se realizó un cálculo de los costos nivelados de generación, para los escenarios a largo plazo, con base en costos de inversión, costos operativos, incentivos regulatorios respecto al desarrollo de fuentes no convencionales de energía y las externalidades aplicables de acuerdo a los tipos de tecnología de generación. Se concluyó lo siguiente:

- 1) En general los costos nivelados promedio no varían considerablemente según el escenario de largo plazo.
- 2) Si se homologa el costo nivelado de cada tecnología, como la oferta a la que debe vender

un proyecto de generación su producto en el mercado spot para recuperar su inversión, nuevamente las plantas hidroeléctricas tendrían el menor valor.

- 3) Se debe resaltar el costo nivelado de los parques eólicos, que aún sin incentivos siguen siendo competitivos. Si la senda de expansión es predominantemente renovable, se necesita más capacidad para garantizar un mismo nivel de confiabilidad (recurso intermitente).
- 4) Las otras fuentes renovables no convencionales, geotermia y biomasa, están casi a la par con tecnologías convencionales como las plantas térmicas (gracias a los incentivos).
- 5) Respecto al carbón, si bien sus costos de inversión son bajos, los costos variables son altos, si se compara con recursos como el vapor y el residuo de la biomasa (tendientes a cero).
- 6) El costo nivelado más alto se observa para la tecnología solar fotovoltaica distribuida. Ello se debe a su bajo factor de planta (no se considera almacenamiento) y el costo de inversión, que si bien ha disminuido dramáticamente los últimos años, todavía es relativamente alto respecto a otras tecnologías.

#### **(4) Comentarios Generales**

- 1) A partir de las proyecciones y escenarios analizados, se evidencia que a partir de los años 2021 la demanda superaría la oferta energética, es decir, el abastecimiento de la demanda nacional estaría en riesgo.
- 2) Las simulaciones energéticas llevadas a cabo mostraron que a partir del año 2021, los criterios de confiabilidad energética no se cumplirían, es decir, se necesitaría de nuevos proyectos de generación.
- 3) Las matrices que incorporan en mayor proporción recursos térmicos, son aquellas que tienen un elevado factor de emisión (CO<sub>2</sub>). En contraste, las estrategias más renovables son las menos contaminantes.
- 4) Los escenarios que están compuestos por fuentes renovables no convencionales involucran una mayor inversión de capital. Ello se debe a la totalidad de la capacidad instalada dada la intermitencia de estos recursos, la cual es necesaria para garantizar la confiabilidad

#### **2.5.2 Plan de Transmisión**

En el Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión 2015 – 2029 (UPME, 2015), se presentan las obras de expansión en el Sistema de Transmisión Nacional - STN, necesarias para la atención confiable y segura de la demanda en el mediano y largo plazo.

- (1) Se plantean cuatro obras a nivel de 500 y 230 kV en la Costa Atlántica, las cuales mejoraran las condiciones de los Sistemas Regionales de Transporte y Distribución Local. Entrarán en servicio en el año 2020.
- (2) Conexión de generación eólica en la región Caribe, cuya capacidad instalada puede alcanzar los 3131 MW, entraría en servicio en el año 2022.
- (3) Para la región de Antioquia – Chocó, conexión de las plantas CAA, CAB y CARG de 121.9 MW, ubicadas en cercanías del municipio de Carmen de Atrato – Choco, y la conexión de Santo Domingo 56 MW, ubicada en jurisdicción del municipio de Cocorná y San Francisco – Antioquia. Entrada de obras de transmisión en 2020.
- (4) Solución a problemáticas de los Sistemas de Transmisión Regionales (STR) en todo el país. Entrada en servicio entre el año 2016 y 2020.
- (5) Desarrollos de red para plantas de generación hidráulicas en Antioquia, Chocó y Santander

(para ser conectadas en el SIN entre 2019 y 2023), y plantas térmicas en Cesar (2019 a 2023).

- (6) Interconexiones entre áreas (circuitos en 500kV y cambios de nivel de tensión a 750kV).

## **CAPITULO 3. Situación Actual y Medidas a Tomar para el Desarrollo de la Energía Geotérmica**

### **3.1 Organizaciones y sus Funciones**

#### **3.1.1 Organismos gubernamentales**

El resumen de la situación actual de las entidades relacionadas con el desarrollo geotérmico se encuentra en el capítulo 2.

Entre los desafíos por superar, en relación con estas instituciones, se menciona la falta de suficiente experiencia en el cumplimiento de los trámites administrativos, y de capacidad para impulsar los proyectos, por falta de experiencias previas. A continuación, se enumeran algunos temas que deberían ser analizados en relación con la institucionalización y los trámites administrativos, en los cuales se espera que el Gobierno tome la iniciativa.

- Desarrollo legislativo: Institucionalización de las autorizaciones y licencias, entre otras, y construcción del sistema de gestión
- Gestión ambiental: Sistematización de los trámites para la obtención de la licencia ambiental
- Estudio y desarrollo: Evaluación de los recursos y desarrollo humano
- Asistencia al desarrollo: Revisión de las políticas de asistencia y de fomento

La mayor problemática, en cuanto a las organizaciones, es la escasez de experiencias en trámites organizacionales y de las capacidades de promoción de proyectos, por no haber resultados reales en el desarrollo geotérmico. El trámite ambiental, relacionado con la obtención de licencias para el desarrollo, del Ministerio de Medio Ambiente, es representativo. En cuanto al Ministerio de Minería y Energía, tampoco se encuentra la denominación de recursos geotérmicos, ni una reglamentación suficiente para las concesiones de autorizaciones para el desarrollo geotérmico. Estas son parte de las solicitudes de autorización más importantes, al momento de iniciar proyectos, por parte de empresas privadas y esta problemática de los trámites del Ministerio de Medio Ambiente es uno de los factores de inhibición del desarrollo (en el numeral “3.3 Esfuerzos para las consideraciones socio ambientales” se describen los detalles de las concesiones y las licencias ambientales).

Adicionalmente, las organizaciones relacionadas abarcan muchos aspectos, por lo cual existe la posibilidad de que los trámites para la formulación de proyectos y las autorizaciones para su desarrollo se tornen complicados. En las inspecciones ambientales se encuentran relacionados el Ministerio de Medio Ambiente, ANLA y las corporaciones regionales desde cada jurisdicción, y debido a que no se cuenta con suficiente experiencia en el manejo de los casos que pasan por las oficinas regionales, es difícil dar una pronta respuesta. Por lo anterior, se encuentra instalada una mesa de trabajo<sup>1</sup>, transversal a las entidades gubernamentales relacionadas, liderada por el

---

<sup>1</sup> A octubre de 2016, Rogerio Ramírez Reyes, Jefe de Dirección de Energía Eléctrica de MME preside el Comité.

Ministerio de Minas y Energía, la cual trabaja en la definición de términos y conceptos para regulación.

Como otros desafíos a abordar, en la sección 4.2 "Desarrollo de las Habilidades de Estudios Geotérmicos" se describe concretamente sobre el refuerzo de las capacidades para la ejecución de estudios y proyectos de desarrollo, y en la sección 4.5 "Asistencia Técnica a MME y UPME" se presentan las recomendaciones sobre las políticas de asistencia al desarrollo, las cuales se espera que sean ejecutadas por el Gobierno.

### **3.1.2 Desarrolladores**

Las empresas privadas tampoco han acumulado suficientes conocimientos y experiencias en el tema de desarrollo geotérmico en Colombia y, por lo tanto, se requiere iniciar la evaluación de los riesgos del proyecto (inversión inicial, competencia con la generación eléctrica tradicional, regulación del mercado, consideraciones ambientales y sociales, entre otros).

Dentro de este contexto, fue creada la Sociedad Colombiana de Energías Renovables (SER), con la iniciativa del sector privado para impulsar el desarrollo geotérmico y se están realizando los preparativos (intercambio de información, coordinación interinstitucional, entre otros). La SER está constituida por las empresas de generación eléctrica, consultores, fabricantes de equipos, expertos, entre otros. Se espera que se intensifiquen el intercambio de opiniones y la discusión política entre la SER y las instituciones gubernamentales. El Equipo del presente Estudio ha recibido de los miembros de SER la solicitud para que el organismo cooperante participe en calidad de observador a esta asociación.

### **3.1.3 Organismos cooperantes**

Existen algunos organismos cooperantes que están analizando la posibilidad de otorgar financiamiento o garantía a la generación geotérmica, como son el BID, KfW, CAF, entre otros. Por ejemplo, Bancoldex es el organismo ejecutor de un proyecto de donación del BID, y el FDN está interesado en la generación geotérmica como un proyecto del sector energético. Sin embargo, estos organismos no han llegado a concretar la asistencia a Colombia por una serie de razones, como son: (1) la falta de un proyecto que ha llegado a la fase de ejecución; (2) la baja prioridad de los proyectos colombianos, porque existen varios proyectos financiados en otros países de Sudamérica; (3) no se ha recibido una propuesta concreta por parte de los desarrolladores a las instituciones financieras. Al respecto, se detalla en la sección "3.4 Cooperación Financiera para el Desarrollo de Energía Geotérmica".

## **3.2 Medidas para el Desarrollo de la Energía Geotérmica**

Las fuentes de energía tradicionales (fósiles) en el mundo están en el camino de terminarse muy pronto y Colombia no se escapa de esta realidad, ya que las estimaciones apuntan a que este recurso podría agotarse en los próximos años. Sin embargo, la ubicación geográfica de Colombia le permite contar con energía hidroeléctrica en abundancia. Debido a esto, la producción de energía eléctrica en Colombia proviene principalmente de la hidroelectricidad, en la mayoría de las regiones del país (~70%), en segundo lugar de los combustibles fósiles (~28%), y en menor escala de las energías no convencionales (~2%).

Debido a que recientemente el país pasó por una sequía muy severa, producto del fenómeno de El Niño, Colombia ha buscado el desarrollo de energías alternativas no convencionales, provenientes de recursos renovables, tales como la eólica y solar. Con este tipo de energía, se

logra disminuir la dependencia de las energías tradicionales y, al mismo tiempo, proteger el medio ambiente, mediante la disminución de la producción de gases de efecto invernadero.

Principalmente, se ha invertido en el desarrollo de energía proveniente de recursos renovables, tales como: eólica, solar y biomasa. Sin embargo, se ha dejado de lado el desarrollo de otro recurso que es igual o mayor en importancia a escala nacional: la Geotermia.

Las energías renovables mencionadas (eólica, solar y geotérmica) son muy abundantes y pueden ser una alternativa primaria para dejar la dependencia de las otras energías que actualmente se utilizan en Colombia.

Tanto la energía solar como la eólica, han sido desarrolladas por entidades del gobierno y por empresas privadas. La energía solar ha tenido mayor difusión en zonas alejadas de los centros de distribución primaria, especialmente en Zonas No Interconectadas a la red nacional de energía eléctrica, y en menor escala en las ciudades. En el caso de la energía eólica, se han hecho importantes proyectos de desarrollo, principalmente en la zona de La Guajira, donde Empresas Públicas de Medellín (EPM) ha instalado un parque eólico con una capacidad de 18.4 MWe.

Con respecto a la energía geotérmica, a la fecha no se ha logrado materializar un proyecto de generación. Los principales actores interesados en el desarrollo de la energía geotérmica en Colombia son algunas instituciones como: UPME, CREG, MME, el Servicio Geológico de Colombia–SGC (antes INGEOMINAS), ISAGEN y Empresas Públicas de Medellín–EPM.

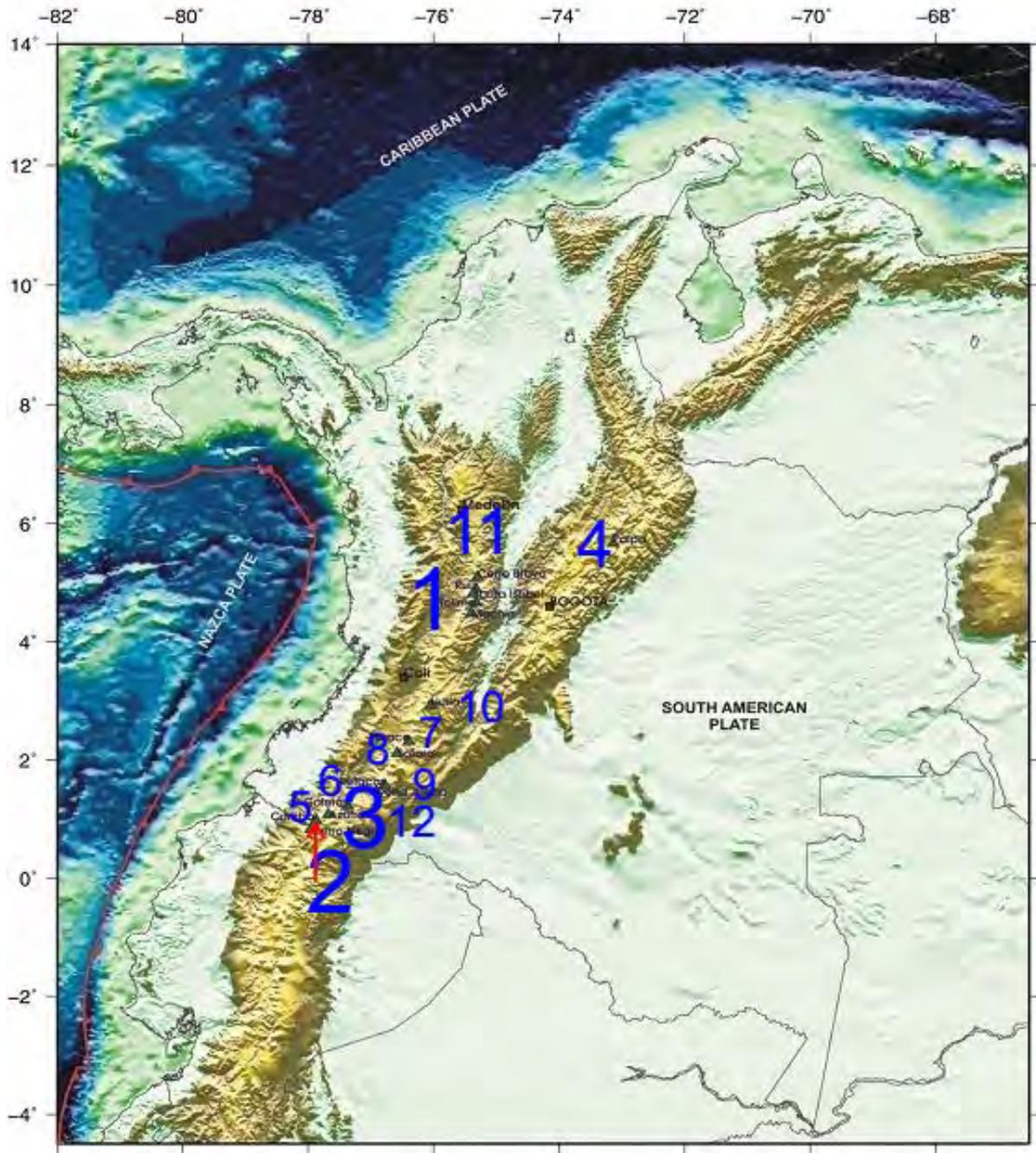
Las principales zonas con mayor potencial geotérmico en Colombia se presentan en la

y **Figura 3.2-1** (Ref. MME, SGC).

**Tabla 3.2-1 Sistemas Geotérmicos Identificados**

Campos Geotérmicos		
- 1. Macizo Volcánico del Ruiz	- 5. Cumbal	- 9. Doña Juana
- 2. Chiles	- 6. Galeras	- 10. Huila
- 3. Azufral	- 7. Puracé	- 11. San Diego
- 4. Paipa	- 8. Sotará	- 12. Sibundoy

Fuente: MME, SGC



Fuente: MME, SGC

Nota: Las diferentes cifras de los sistemas geotérmicos expresan la magnitud del potencial de recursos identificado por los estudios ejecutados en el pasado. Los sistemas No.1, 2 y 3 son los más promisorios, a los que les siguen el No.4 y el No. 11, en este orden.

**Figura 3.2-1 Campos Geotérmicos Identificados con Mayor Potencial**

### 3.2.1 Proyectos Geotérmicos en Desarrollo

A la fecha, se han realizado grandes esfuerzos para lograr un desarrollo de la energía geotérmica en Colombia. Los esfuerzos han sido dirigidos por entidades públicas y la empresa privada, con ayuda de organizaciones internacionales de cooperación.

Los estudios han abarcado todas las áreas geo-científicas e incluso se han realizado perforaciones, principalmente, en los campos de Nevado del Ruiz y Tufiño – Chiles – Cerro Negro, este último en conjunto con Ecuador. En menor medida, se ha logrado realizar estudios en otros campos geotérmicos, como son: Paipa-Iza y los Volcanes Azufral y Cumbal. Así mismo, el Servicio Geológico de Colombia mantiene activo un equipo de trabajo, realizando estudios en varios campos a nivel nacional, y a partir de esta información han logrado completar el mapa geotérmico de Colombia (Ver **Figura 3.2-2**, Mapa Geotérmico de Colombia, elaborado por INGEOMINAS en el año 2000 (hoy SGC).

### 3.2.2 Barreras que dificultan el desarrollo geotérmico para la generación de electricidad

En el presente estudio, se han identificado diferentes barreras o dificultades que, de alguna manera, hacen más difícil el desarrollo de proyectos geotérmicos en Colombia. Estas dificultades han sido mencionadas por los mismos desarrolladores o empresas interesadas en ejecutar proyectos geotérmicos. A continuación, se presentan las principales:

Tal como se comentó en el numeral **3.2.1**, en Colombia se han realizado muchos esfuerzos para lograr un desarrollo de energía geotérmica. A la fecha, no se ha logrado avanzar más allá de estudios superficiales y un par de perforaciones profundas con resultados no concluyentes. En la **Tabla 3.2-2** se presentan los estudios que se han realizado desde que se inició la exploración geotérmica en Colombia.

#### (1) Altos Riesgos y Costos de Inversión Inicial

Una de las principales barreras para el desarrollo de la energía geotérmica, no solamente en Colombia sino a nivel mundial, es el alto costo en las etapas iniciales y el alto riesgo que conlleva las perforaciones de pozos geotérmicos de gran profundidad, tanto pozos de producción como de reinyección. De igual forma, el largo período de recuperación de la inversión es otra barrera que afecta la toma de decisión para desarrollar este tipo de proyectos. Todo asociado a los altos riesgos que tiene el hacer perforaciones de exploración en campos geotérmicos nuevos, donde no se tiene certeza de las formaciones litológicas que serán perforadas.

#### (2) Competencia con Otros Recursos de Energía Convencionales

Dado que Colombia cuenta con una gran cantidad de recursos hídricos y carboníferos, el desarrollo de otras fuentes de energía se hace cuesta arriba, ya que la regulación del mercado eléctrico colombiano tiene como prioridad: suplir la demanda eléctrica nacional, hacerlo al menor costo y garantizar la confiabilidad del suministro. Esta definición de objetivos, en un país como Colombia, muestra que las alternativas tecnológicas que mejor se ajustan son las hidroeléctricas y las plantas térmicas convencionales, en mayor medida las de carbón (Ref. FEDESARROLLO, 2013).

No obstante, estas prioridades dejan de lado los costos ambientales y sociales que están relacionados con la protección del medio ambiente y la calidad de vida de los habitantes, al contaminar el aire que respiran. Sin embargo, para las empresas privadas, que tienen como

principal objetivo la generación de riqueza a sus accionistas, estos aspectos sociales y ambientales pasan a un segundo grado de prioridad. Por lo que, cuando tienen una cartera de proyectos y deben elegir, prefieren aquellos proyectos que maximizan la ganancia. En estas condiciones, los proyectos de energías no convencionales como la geotermia tienen muchas dificultades para ser aprobados y por consecuencia no se ejecutan o se retrasa la decisión de llevarlos adelante.



Fuente: INGEOMINAS, 2000

**Figura 3.2-2 Mapa Geotérmico de Colombia año 2000**

**Tabla 3.2-2 Estudios para el Desarrollo Geotérmico en Colombia**

<b>Año</b>	<b>Finance</b>	<b>Entidad Ejecutora</b>	<b>Estudios Realizados</b>
1968	CHEC	-	Se realizó el primer estudio de reconocimiento en Colombia. Consistió de un estudio de exploración geológica en el <b>Complejo Volcánico del Ruiz</b>
1979 – 1982	OLADE	OLADE – AQUATER, BRGM – Geotérmica Italiana	estudio de reconocimiento de campos geotérmicos existentes entre Colombia y Ecuador
1982	Gobierno de Italia	INECEL – OLADE	Estudios de pre factibilidad de desarrollo geotérmico en las áreas de <b>Chiles – Tufiño – Cerro Negro</b>
1983	CHEC	CHEC	Estudios de pre factibilidad de desarrollo geotérmico en las áreas del <b>Complejo Volcánico Nevado del Ruiz</b>
1986 – 1987	Gobierno de Italia	OLADE – ICEL	Estudios de pre factibilidad de desarrollo geotérmico en las áreas de <b>Chiles - Tufiño – Cerro Negro</b>
1992	CHEC-EPN	GEOCÓNSUL	Estudios de pre factibilidad de desarrollo geotérmico en las áreas del <b>Complejo Volcánico Nevado del Ruiz</b>
1997	CHEC	GESA	Estudios de pre factibilidad de desarrollo geotérmico en las áreas del <b>Complejo Volcánico Nevado del Ruiz</b>
1998 – 1999 2008 – 2009	Fondo Nacional de Regalías INGEOMINAS	INGEOMINAS	Estudios de investigación de los sistemas geotermales de las áreas de los <b>Volcanes Azufral, Cumbal</b>
2000	INGEOMINAS	INGEOMINAS	Mapa Geotérmico de Colombia
2006		Universidad Nacional de Colombia	Estudios de investigación de los sistemas geotermales de las áreas de los <b>Volcanes Azufral, Cumbal</b>
2005, 2008 – 2009	INGEOMINAS	INGEOMINAS	Estudios de investigación de los sistemas geotermales de las <b>áreas de Paipa e Iza</b>
2008	INGEOMINAS – ANH	INGEOMINAS – ANH	Mapa Geotérmico de Colombia
2008	USTDA–BPC –ISAGEN –	USTDA–BPC–ISAGEN – INGEOMINAS	Factibilidad Básica para un potencial Aprovechamiento Geotérmico en Colombia

Año	Finance	Entidad Ejecutora	Estudios Realizados
	INGEOMINAS		
2010 – 2012	ISAGEN – UNAL – INGEOMINAS – COLCIENCIAS	ISAGEN – UNAL – INGEOMINAS – COLCIENCIAS	Programa estratégico para el modelamiento del sistema hidrotermal magmático para el Proyecto <b>Geotérmico Macizo Volcánico del Ruiz</b> . los estudios incluyen la toma de fotografías aéreas y restitución cartográfica, levantamiento de geología de detalle, estudios de geoquímica, hidrogeología, geofísica (gravimetría y magnetometría) y perforación de pozos de gradiente térmico
2010– 2012	ISAGEN	ISAGEN – INGEOMINAS – CIF – UNAM – COLCIENCIAS	Modelación de la estructura resistiva del subsuelo por sondeos magneto telúricos para el Proyecto <b>Geotérmico Macizo Volcánico del Ruiz</b> . capacitación y entrenamiento en la aplicación de la tecnología de magneto telúrica
2011– 2013	BID/Fondo Japonés	ISAGEN – BID/Fondo Japonés – Grupo NIPPON KOEI/ Geo – E/ INTEGRAL	Estudios de pre factibilidad sobre recursos geotérmicos en dos áreas seleccionadas ubicadas en el <b>Macizo Volcánico del Ruiz</b> . Los estudios incluyen la elaboración del modelo geotérmico conceptual, selección de sitios para perforación exploratoria, diseño de infraestructura (pozos, plataformas y vías de acceso) y estudios ambientales para el desarrollo de la fase de factibilidad del <b>Campo Geotérmico del Macizo Volcánico del Ruiz</b>
2011– 2015	BID/ GEF	ISAGEN – BID/ GEF	Inversiones catalizadoras para energía geotérmica. Complementación del modelo resistivo del subsuelo, asesoría y acompañamiento para la etapa de perforación exploratoria
2011– 2014 (En ejecución)	ISAGEN – CELEC EP	ISAGEN – CELEC EP	Estudio de pre factibilidad para el desarrollo del <b>Proyecto Geotérmico Binacional Tufiño – Chiles – Cerro Negro</b> . Los estudios incluyen la toma de fotografías aéreas, restitución cartográfica, estudios de geología de detalle, geofísica, geoquímica, hidrogeología, perforación de pozos de gradiente geotérmico y estudios ambientales para el desarrollo de la fase de factibilidad

Fuente: ISAGEN

Dado que no hay claridad en la legislación, sobre los procesos de la consulta previa con las comunidades aledañas a las áreas de interés, esto puede dificultar y hacer más costoso el desarrollo de los proyectos de energía no convencional como la geotermia, aunque no para la instalación de plantas térmicas, que tienen la versatilidad de ser instaladas en cualquier sitio y salvan esta dificultad, de una manera más rápida. Esta ventaja también queda de manifiesto para la obtención de las licencias ambientales, ya que pueden elegir el lugar donde las condiciones ambientales sean menos rigurosas y con ello conseguir la licencia en menos tiempo, que si fuera una licencia para un proyecto geotérmico en áreas protegidas.

### (3) Regulación del Mercado

Los responsables del desarrollo de proyectos geotérmicos, coinciden en que la regulación existente del mercado energético de Colombia no favorece al desarrollo de las energías no

convencionales; ya que no se toma en consideración el beneficio que llevan a la población, en términos de protección del medio ambiente y otros aspectos, tal como el desarrollo social que se lleva a las comunidades cercanas a los proyectos geotérmicos.

A pesar de que la legislación colombiana ha realizado grandes mejoras en sus leyes y procedimientos para potenciar los proyectos de energía no convencional, tales como beneficios fiscales y de exención o reducción de pagos de impuestos por importaciones; sin embargo, no es suficiente, ya que los desarrolladores podrían estar más interesados si se recibe apoyo en las primeras etapas de los proyectos. Algo similar a lo que algunas organizaciones internacionales están proponiendo, como es la de facilitar un fondo para compensar al desarrollador, en caso que el primer pozo salga fallido, aunque las cantidades parecen pequeñas comparadas con la alta inversión que se requiere para finalizar la etapa de factibilidad de un campo geotérmico.

#### **(4) Ubicación en Áreas Protegidas**

Una dificultad muy grande que se tiene en Colombia, para el desarrollo de proyectos de energías renovables, es que las áreas de interés se encuentran en zonas de reserva natural / parques nacionales o de propiedad indígena o afrocolombiana.

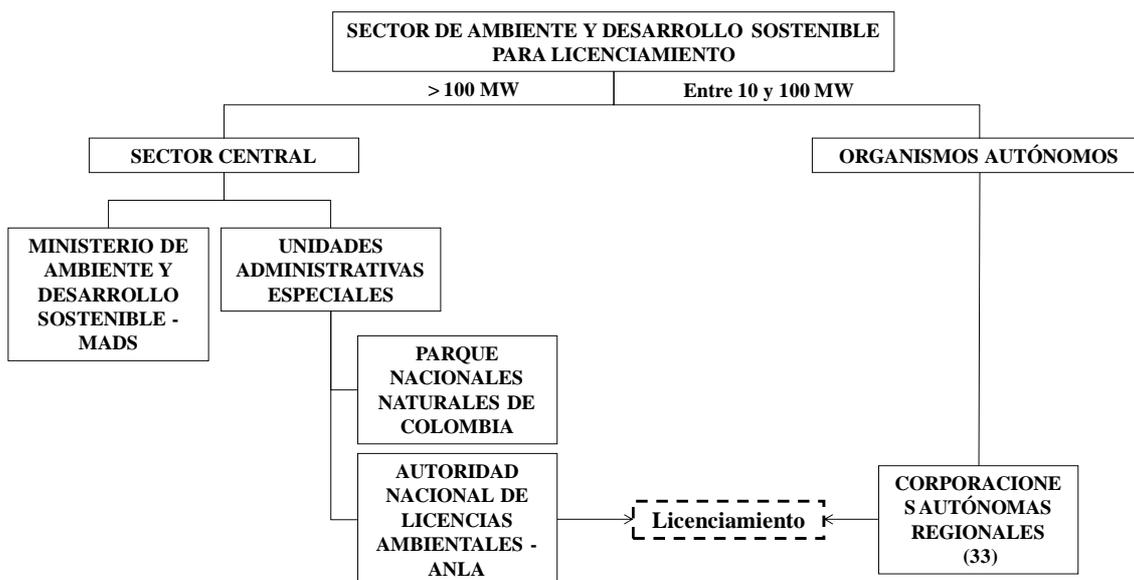
Anteriormente, se mencionó que la falta de claridad en la legislación sobre los procesos de la consulta previa hace más difícil y más costoso el desarrollo de la geotermia en estos lugares. Incluso, se tiene el caso del proyecto binacional con Ecuador, en el que la discusión con la comunidad sobre el uso de los terrenos en los que habitan no marcha bien, lo cual no permite el desarrollo del proyecto en el lado colombiano.

Respecto al proyecto geotérmico binacional con Ecuador de Tufiño-Chiles-Cerro Negro, la complicación por la consulta con las comunidades en el territorio colombiano, sobre el uso de los terrenos, impide el avance del proyecto. Según ISAGEN (2015), ejecutor del proyecto de Colombia, no está culminado el estudio de la superficie terrestre debido a que no se pudo obtener permiso de estudio de la comunidad Chiles. Por consiguiente, bajo la guía del Ministerio de Interior, se realizó el 6 de agosto de 2016 una capacitación en consulta previa, para el desarrollo geotérmico en el municipio de Cumbal y las comunidades indígenas de Chiles y Arrayanes. Los miembros de las comunidades exigen que en el proyecto se reflejen las experiencias y conocimientos que están heredados de sus ancestros y requieren la presencia de autoridades ambientales en la ejecución del mismo.

### **3.3 Consideraciones Ambientales y Sociales**

#### **3.3.1 Resumen del Sector Medioambiental**

Al momento de adelantar el desarrollo de generación geotérmica en Colombia, las entidades gubernamentales relacionadas con el sector medioambiental, se separan en gobierno central y organismos autónomos regionales, dependiendo de la potencia de generación. Como se indica en la **Figura 3.3-1**, en el caso de ser mayor a 100MW se encontrará bajo jurisdicción de ANLA, y en caso de ser mayor a 10MW y menor de 100MW, estará bajo jurisdicción de la corporación regional autónoma correspondiente.



Fuente: JST

**Figura 3.3-1 Resumen Organizacional del Sector Medioambiental**

En la regulación colombiana actual, no es necesaria la adquisición de licencias ambientales para proyectos de generación eléctrica menores a 10 MW. Sin embargo, aun en una planta de generación geotérmica de pequeña escala, al nivel de los 5 MW, es necesaria la excavación de, al menos, un pozo geotérmico de producción y otro para la reinyección, y se podría pensar que es necesaria la evaluación de impacto ambiental adecuada, de la misma forma que el desarrollo de plantas de generación geotérmica mayor a 10 MW. También, se debe estudiar este punto para la organización del sistema legal de evaluaciones de impacto ambiental y licencias, entre otros (Véase “4.1 Organización del sistema legal para la gestión de recursos geotérmicos”).

### 3.3.2 Ubicación de los Recursos Geotérmicos

En Colombia, los recursos geotérmicos son clasificados como recursos naturales renovables y se regula su uso como recurso administrado por el gobierno. Más adelante, se resume la situación de la gestión ambiental, relacionada con los recursos geotérmicos, con base en el informe “Emprendimiento de la energía geotérmica en Colombia” organizado por el BID e ISAGEN en el año 2014.

#### (1) Clase de recurso y propiedad:

El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto – Ley 2811 de 1974), señala al respecto lo siguiente:

- a) Artículo 3, literal g: Los recursos geotérmicos son considerados como un recurso natural renovable y por lo tanto, objeto de regulación de dicho Código.
- b) Artículo 42: Pertenecen a la Nación los recursos naturales renovables.
- c) Artículo 167: Son recursos energéticos primarios:
- d) La energía solar;
- e) La energía eólica;

- f) Las pendientes, desniveles topográficos o caídas;
- g) Los recursos geotérmicos;
- h) La energía contenida en el mar.
- i) Artículo 174: Sin perjuicio de derechos adquiridos, la Nación se reserva el dominio de los recursos geotérmicos.

## (2) Definición y uso del recurso:

El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, define el recurso geotérmico así:

- a) Artículo 172: Para los efectos de este Código, se entiende por recursos geotérmicos:
- b) La combinación natural del agua con una fuente calórica endógena subterránea, cuyo resultado es la producción espontánea de aguas calientes o de vapores, y
- c) La existencia de fuentes calóricas endógenas subterráneas, a las cuales sea posible inyectar agua para producir su calentamiento, o para generar vapor.
- d) Artículo 173: También son recursos geotérmicos, a que se aplican las disposiciones de este Código y las demás legales, los que afloran naturalmente o por obra humana con temperatura superior a 80 °C, o a la que la ley fije como límite en casos especiales. Los recursos geotérmicos que no alcancen los 80 °C de temperatura mínima serán considerados como aguas termales.

Adicionalmente, el Código indica los siguientes posibles usos del recurso geotérmico:

- Artículo 175. Los recursos geotérmicos pueden tener entre otros, los siguientes usos:

- a) Producción de energía;
- b) Producción de calor directo para fines industriales, o de refrigeración o calefacción;
- c) Producción de agua dulce;
- d) Extracción de su contenido mineral

## (3) Gestión del recurso:

Teniendo en cuenta que el recurso geotérmico es de propiedad de la Nación, su administración debe asignarse a alguna entidad gubernamental. Es así como la Ley 99 de 1993 “por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones” dispone al respecto lo siguiente:

- a) Artículo 2. Crea el Ministerio de Ambiente “como organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de impulsar una relación de respeto y armonía del hombre con la naturaleza y de definir, en los términos de la presente ley, las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible.”
- b) Artículo 6. Establece una cláusula general de competencia, en la cual se indica que el Ministerio de Ambiente ejercerá, en lo relacionado con el medio ambiente y los recursos

naturales renovables, las funciones que no hayan sido expresamente atribuidas por la Ley a otra autoridad.

Teniendo en cuenta que la geotermia es un recurso natural renovable a cargo de la Nación, se puede concluir, a partir de las normas citadas, que su gestión está en cabeza del Ministerio de Ambiente.

### 3.3.3 Gestión Ambiental Relacionada con el Desarrollo de Generación Geotérmica

En Colombia, se establece lo siguiente para la concesión de licencias ambientales, necesarias para la ejecución proyectos de desarrollo de generación de energía geotérmica.

#### (1) Permiso de Estudio

Es importante mencionar que la geotermia requiere de un gran esfuerzo para realizar las fases iniciales de exploración (reconocimiento, pre factibilidad y factibilidad), de manera previa a la fase de desarrollo del campo y la planta (construcción y operación).

De acuerdo con lo anterior, se considera importante iniciar la exploración geotérmica con la solicitud de Permiso de Estudio, de acuerdo con las siguientes normas del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto – Ley 2811 de 1974):

- a) Artículo 56. Podrá otorgarse permiso para el estudio de recursos naturales cuyo propósito sea proyectar obras o trabajos para su futuro aprovechamiento. El permiso podrá versar, incluso sobre bienes de uso ya concedido, en cuanto se trate de otro distinto del que pretenda hacer quien lo solicita y siempre que los estudios no perturben el uso ya concedido.
- b) Estos permisos podrán tener duración hasta de dos años, según la índole de los estudios.
- c) Los titulares tendrán prioridad sobre otros solicitantes de concesión, mientras esté vigente el permiso de estudio y, así mismo tendrán exclusividad para hacer los estudios mientras dure el permiso.
- d) El término de estos permisos podrá ser prorrogado cuando la inejecución de los estudios dentro del lapso de vigencia del permiso, obedezca a fuerza mayor.
- e) Artículo 57. Los titulares de los permisos a que se refiere el artículo anterior podrán tomar muestras de los recursos naturales sobre los cuales verse el permiso, en la cantidad indispensable para sus estudios, pero sin que puedan comerciar en ninguna forma con las muestras tomadas.
- f) Se exigirá siempre la entrega a la autoridad competente de una muestra igual a la obtenida. Si la muestra fuere única, una vez estudiada y dentro de un lapso razonable, deberá entregarse a dicha autoridad.
- g) La transgresión de esta norma se sancionará con la revocación inmediata del permiso.
- h) Artículo 58. Mientras se encuentre vigente un permiso de estudios no podrá concederse otro de la misma naturaleza, a menos que se refiera a aplicaciones o utilidades distintas de las que pretenda el titular, ni otorgarse a terceros el uso del recurso materia del permiso.

Es importante tener en cuenta que este permiso tiene una duración corta, considerando que los dos (2) años especificados en la norma podrían ser insuficientes para la exploración geotérmica, que en conjunto (pre factibilidad y factibilidad) tomaría hasta cinco (5) años.

La expedición de este permiso podría incluir algunas obligaciones de inversión en exploración, el cumplimiento del cronograma de actividades propuesto y la renovación del mismo por una o dos veces, con el fin de cubrir las fases de pre factibilidad y factibilidad, si el peticionario ha dado cumplimiento a las obligaciones de inversión y ejecución del cronograma respectivo.

## (2) Concesiones

Por ser la geotermia un recurso de propiedad de la Nación y administrado por la autoridad ambiental competente, este es objeto de concesión para su uso y aprovechamiento, como lo establecen las siguientes normas:

Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto – Ley 2811 de 1974):

- a) Artículo 170. Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que deseen generar energía hidráulica, cinética o eléctrica, deberán solicitar concesión o proponer asociación. Para la concesión o la asociación se deberán tener en cuenta los indispensables factores de índole ecológica, económica y social.
- b) Artículo 176. La concesión de uso de aguas para explotar una fuente geotérmica será otorgada con la concesión del recurso geotérmico.
- c) Artículo 177. Serán de cargo del concesionario de recursos geotérmicos de contenido salino las medidas necesarias para eliminar efectos contaminantes de las aguas o los vapores condensados.

En el “Decreto 1541 de 1978. Reglamentario del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente” se establece lo siguiente.

Artículo 36 literal h: Toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere concesión para obtener el derecho al aprovechamiento de las aguas para los siguientes fines:

- |  |  |
|--|--|
| a) Abastecimiento en los casos que requiera derivación;            | h) Inyección para generación geotérmica;         |
| b) Riego y silvicultura;   | i) Generación hidroeléctrica;                    |
| c) Abastecimiento de abrevaderos cuando se requiera de derivación; | j) Generación cinética directa;                  |
| d) Uso industrial;   | k) Flotación de madera;                          |
| e) Generación térmica o nuclear de electricidad;                   | l) Transporte de minerales y sustancias tóxicas; |
| f) Explotación minera y tratamiento de minerales;                  | m) Agricultura y pesca;                          |
| g) Explotación petrolera;  | n) Recreación y deportes;                        |
|  | o) Usos medicinales, y                           |
|  | p) Otros usos similares                          |

## (3) Licencia Ambiental

La regulación Colombiana sobre la materia, establece la obligatoriedad del trámite y obtención de la licencia ambiental para todos aquellos proyectos obras o actividades que, de acuerdo con

la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje.

Aunque este no es el caso de la geotermia, ya que la misma ha sido considerada en todo el mundo como una tecnología limpia y renovable, que por el contrario constituye una alternativa, ambientalmente viable, para el suministro de energía más limpia; es claro que la misma tiene algunas particularidades que implican el diseño y aplicación de medidas de manejo ambiental en todas sus fases.

Las siguientes normas de carácter general, establecen la competencia de la autoridad ambiental y la obligación, por parte de los desarrolladores de proyectos, de realizar el trámite para la obtención de la Licencia Ambiental, como sigue:

Según la “Ley 99 de 1993. Por la cual se crea del Ministerio del Medio Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA)” se establece lo siguiente.

- Artículo 49. DE LA OBLIGATORIEDAD DE LA LICENCIA AMBIENTAL.

La ejecución de obras, el establecimiento de industrias o el desarrollo de cualquier actividad, que de acuerdo con la Ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje requerirán de una Licencia Ambiental.

- Artículo 50. DE LA LICENCIA AMBIENTAL.

La licencia ambiental es la autorización emitida por la autoridad competente medio ambiental sobre proyectos de obras y operaciones y el solicitante de la autorización deberá regirse a las condiciones que conlleva la emisión de la licencia en cuanto a la prevención, mitigación, recompensa de impactos ambientales y control entre otros. Se entiende por Licencia Ambiental la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de una obra o actividad, sujeta al cumplimiento por el beneficiario de la licencia de los requisitos que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales de la obra o actividad autorizada.

- Artículo 51. COMPETENCIA

Las Licencias Ambientales serán otorgadas por el Ministerio del Medio Ambiente, las Corporaciones Autónomas Regionales y algunos municipios y distritos, de conformidad con lo previsto en esta Ley. En la expedición de las licencias ambientales y para el otorgamiento de los permisos, concesiones y autorizaciones se acatarán las disposiciones relativas al medio ambiente y al control, la preservación y la defensa del patrimonio ecológico, expedidas por las entidades territoriales de la jurisdicción respectiva.

- Artículo 53. DE LA FACULTAD DE LAS CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES PARA OTORGAR LICENCIAS AMBIENTALES

El Gobierno Nacional por medio de reglamento establecerá los casos en que las Corporaciones Autónomas Regionales otorgarán Licencias Ambientales y aquellos en que se requiera Estudio de Impacto Ambiental y Diagnóstico Ambiental de Alternativas.

En el “Decreto 2820 de 2010. Reglamentario del Título VIII de la Ley 99 de 1993, sobre licencias ambientales”, se establece lo siguiente:

- Artículo 8, numeral 4. Competencia del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, otorgará o negará de manera privativa la licencia ambiental para los siguientes proyectos, obras o actividades:

- a) La construcción y operación de Centrales generadoras de energía eléctrica con capacidad instalada igual o superior a 100 MW;
- b) Los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminantes con capacidad instalada superior a 3 MW;
- c) El tendido de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 KV.

Decreto 3573 de 2011. Por el cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y se dictan otras disposiciones.

- Artículo 3. FUNCIONES.

La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) cumplirá, las siguientes funciones:

- a) Otorgar o negar las licencias, permisos y trámites ambientales de competencia del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de conformidad con la ley y los reglamentos.
- b) Realizar el seguimiento de las licencias, permisos y trámites ambientales.
- c) Administrar el Sistema de Licencias, Permisos y Trámites Ambientales (SILA) y Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea (Vital).
- d) Velar porque se surtan los mecanismos de participación ciudadana de que trata la ley relativos a licencias, permisos y trámites ambientales.
- e) Implementar estrategias dirigidas al cuidado, custodia y correcto manejo de la información de los expedientes de licencias, permisos y trámites ambientales.
- f) Apoyar la elaboración de la reglamentación en materia ambiental.
- g) Adelantar y culminar el procedimiento de investigación, preventivo y sancionatorio en materia ambiental, de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 1333 de 2009 o la norma que la modifique o sustituya.
- h) Adelantar los cobros coactivos de las sumas que le sean adeudadas a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) por todos los conceptos que procedan.
- i) Ordenar la suspensión de los trabajos o actividades, en los casos en los que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible haga uso del ejercicio discrecional y selectivo sobre los asuntos asignados a las Corporaciones Autónomas Regionales.
- j) Aprobar los actos administrativos de licencias ambientales para explotaciones mineras y de construcción de infraestructura vial y los permisos y concesiones de aprovechamiento

forestal de que tratan los artículos 34, 35 y 39 de la Ley 99 de 1993.

- k) Dirimir los conflictos de competencia cuando el proyecto, obra o actividad sujeto a licencia o permiso ambiental se desarrolle en jurisdicción de dos o más autoridades ambientales.
- l) Desarrollar la política de gestión de información requerida para el cumplimiento de su objeto.
- m) Asumir la representación judicial y extrajudicial de la Nación en los asuntos de su competencia.
- n) Las demás funciones que le asigne la ley.

Como complemento a estas disposiciones, es importante anotar que el artículo 3 del Decreto 2820 de 2010, por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales, establece lo siguiente:

“... La Licencia Ambiental llevará implícitos todos los permisos, autorizaciones y/o concesiones para el uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, que sean necesarios por el tiempo de vida útil del proyecto, obra o actividad.

El uso aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, deberán ser claramente identificados en el respectivo Estudio de Impacto Ambiental.

La Licencia Ambiental deberá obtenerse previamente a la iniciación del proyecto, obra o actividad. Ningún proyecto, obra o actividad requerirá más de una Licencia Ambiental.”

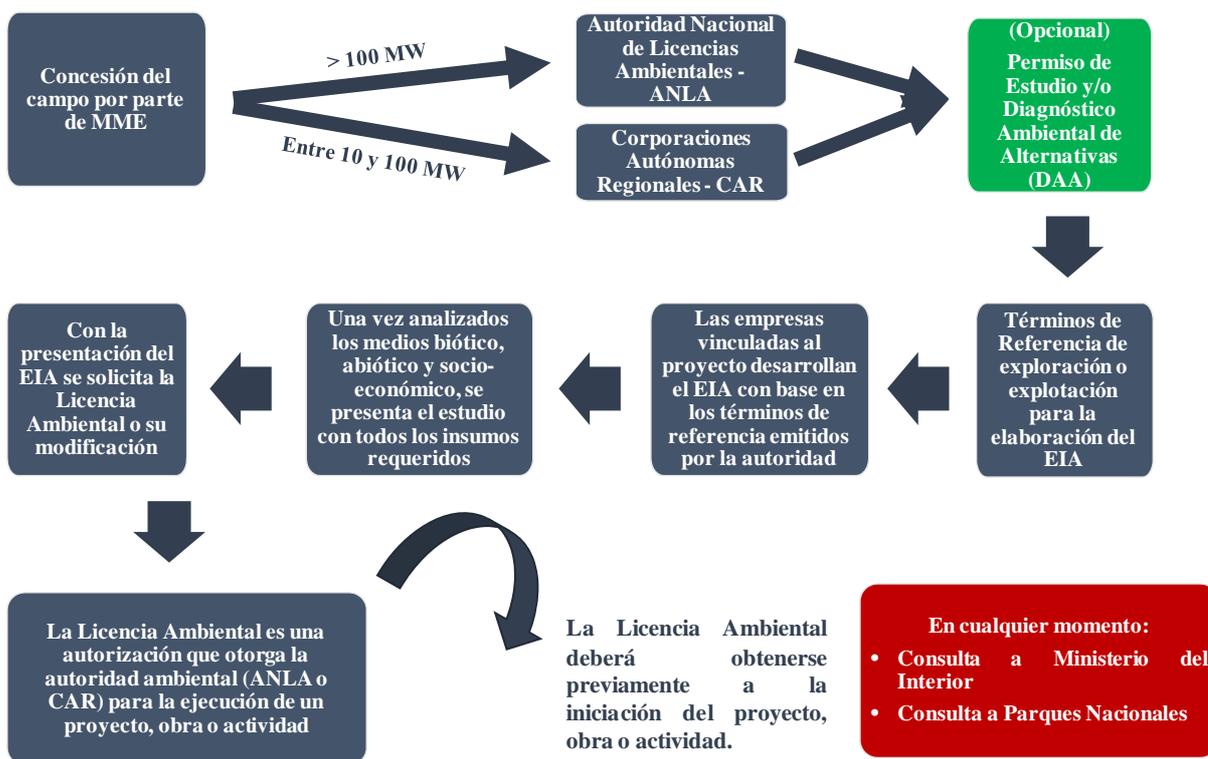
De acuerdo con lo anterior, la Autoridad Ambiental es la encargada de otorgar el permiso de estudio y la licencia ambiental para exploración y uso, en la cual se deberá incorporar la concesión para el uso del recurso geotérmico y el agua.

### 3.3.4 Procedimiento de Obtención de la Licencia Ambiental

El procedimiento para obtener una licencia ambiental es presentado en la **Figura 3.3-2**

- a) Inicialmente, se realiza una solicitud de contrato de concesión del área a explorar ante el Ministerio de Minas y Energía – MME o ante la entidad designada por éste. El contrato de concesión es aquel que se suscribe entre el Estado y un particular para efectuar, por cuenta y riesgo de éste, estudios, trabajos y obras de exploración de recursos de propiedad estatal.
- b) Etapa de exploración (que incluye la perforación exploratoria)

Con base en la normatividad vigente para el sub-sector eléctrico (Decreto 1076 de 2015), se define la competencia para la obtención de la licencia ambiental: Para proyectos de generación eléctrica con capacidad instalada igual o superior a 100 MW, la entidad competente para otorgar o negar la licencia ambiental será la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA. Para el caso de proyectos de generación eléctrica entre 10 y 100 MW, la competencia corresponde a la corporación regional autónoma de la jurisdicción del proyecto. Mientras que para proyectos inferiores a 10 MW no se requiere licencia ambiental.



Fuente: JST

**Figura 3.3-2 Procedimiento de Obtención de las Licencias Ambientales**

- c) Etapa de explotación (Etapa de perforación de pozos de producción/reinyección y construcción de centrales eléctricas)

Con base en la normatividad vigente para el sub-sector eléctrico (Decreto 1076 de 2015), se define la competencia para la obtención de la licencia ambiental: Para proyectos de generación eléctrica con capacidad instalada igual o superior a 100 MW, la entidad competente para otorgar o negar la licencia ambiental será la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA. Para el caso de proyectos de generación eléctrica entre 10 y 100 MW, la competencia corresponde a la corporación regional autónoma de la jurisdicción del proyecto. Mientras que para proyectos inferiores a 10 MW no se requiere licencia ambiental.

- d) Para el caso de los proyectos con más de una opción para su desarrollo, existe la opción de realizar un Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), para presentarlo a la autoridad ambiental competente, quien definirá cuál es la mejor opción entre las alternativas presentadas y, con base en la opción elegida, realizar el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto. También, existe la opción de solicitar un permiso de estudio o de solicitar los términos de referencia para EIA.
- e) La autoridad ambiental competente entregará los términos de referencia para la elaboración del EIA, según sea el caso (exploración o explotación).
- f) Realización del EIA por el agente desarrollador.
- g) Presentación del informe del EIA y otros documentos necesarios.

- h) Evaluación por la autoridad ambiental y otorgamiento de licencias ambientales.

El plazo requerido para obtener la licencia ambiental en Colombia varía por cada proyecto y en el caso más rápido durará aproximadamente 3 meses para la preparación y ejecución de TdRs del EIA y la presentación del informe a cargo del ejecutor de proyecto, y otros 1-2 meses para la evaluación a cargo de la autoridad ambiental. Sin embargo, en caso de que se requiera la presentación del Diagnóstico de Alternativas (DDA) se tomará unos 3 meses adicionales y hasta más, cuando se hace necesario el consentimiento de las comunidades o haya recibido instrucción adicional de la autoridad ambiental, resultando que en muchos de los casos se toman más de 1 año para obtener licencia ambiental.

En cualquier etapa del proceso de licenciamiento, después de obtenida la concesión del campo, se realizan consultas al Ministerio del Interior y a Parques Nacionales, así:

- a) Ministerio del interior: Se consulta sobre la presencia de comunidades indígenas o tribales en el área del proyecto. Si la respuesta es afirmativa, se debe realizar una Consulta Previa<sup>1</sup> con la comunidad, antes de continuar con el EIA. El proceso con la autoridad ambiental permanecerá suspendido durante el tiempo de la Consulta Previa.
- b) Parques Nacionales: Se consulta sobre el área del proyecto y la posibilidad de que se encuentre total o parcialmente en un área de Parque Nacional o un área protegida. Si la respuesta es afirmativa, se tomarán las medidas a que diera lugar, según la normatividad ambiental vigente.

### 3.3.5 Problemáticas Relacionadas a las Concesiones y Licencias Ambientales

Como se describe anteriormente, los recursos geotérmicos de Colombia están definidos como recursos naturales renovables, bajo administración del estado y dependiendo de su escala de generación, las licencias son gestionadas por la dirección ambiental del gobierno central o por la dirección ambiental de las administraciones regionales.

Desde el punto de vista de las consideraciones socio ambientales, se pueden citar las siguientes dos tareas importantes: (1) organización del sistema legal de las licencias ambientales relacionadas con el desarrollo de recursos geotérmicos y (2) formulación de los TOR del estudio de consideraciones socio ambientales.

- Organización del sistema legal de las licencias ambientales relacionadas con el desarrollo de recursos geotérmicos
- Ya que no se ha definido claramente sobre los procedimientos de obtención de tres diferentes autorizaciones relacionadas al desarrollo de generación geotérmica en Colombia, tales como el permiso de estudio, concesión y licencia ambiental, en la actualidad las empresas eléctricas (ISAGEN y EPM) que están realizando los estudios de

---

<sup>1</sup> La **Consulta Previa** es el derecho fundamental que tienen los pueblos indígenas y los demás grupos étnicos cuando se toman medidas (legislativas y administrativas) o cuando se vayan a realizar proyectos, obras o actividades dentro de sus territorios, buscando de esta manera proteger su integridad cultural, social y económica y garantizar el derecho a la participación. (<http://www.urosario.edu.co/jurisprudencia/catedra-viva-intercultural/ur>)

desarrollo promueven procedimientos con su propia interpretación. En la actualidad se están presentando las siguientes problemáticas.

- Respecto a las concesiones, no hay definición sobre el establecimiento del área y la relación entre el terreno y los recursos subterráneos, debido a lo cual ISAGEN y EPM están solicitando concesiones simultáneamente sobre los supuestos mismos recursos geotérmicos
- No está aclarado el método para la autorización de estudios y el otorgamiento de licencias ambientales, en caso de que la solicitud involucre varias jurisdicciones gubernamentales, lo cual dificulta la coordinación entre las jurisdicciones, haciendo estancar esencialmente la revisión para la autorización de la solicitud.
- Cabe mencionar que Colombia cuenta con su mecanismo propio en el que la obtención de la licencia ambiental permite realizar el desarrollo geotérmico, aparte de la licencia de proyecto (concesión).
- Formulación de los TOR del estudio de consideraciones socio ambientales
- Para los estudios de impacto ambiental (EIA) para la obtención de las licencias ambientales, tampoco se encuentra preparado un ToR (Términos De Referencia) para el desarrollo de generadoras geotérmicas, por lo cual los ejecutores de los proyectos dan respuesta individualmente, tomando el ToR de EIA relacionado con el desarrollo de petróleo y minería. Debido a esto, se presentan situaciones de atasco de los trámites de inspección por parte de la dirección ambiental, siendo un gran obstáculo para la promoción del desarrollo de generadores de energía geotérmica en este país.
- 
- Debido a que no se encuentra preparado el ToR de EIA, la autoridad ambiental debe examinar cada vez el estudio del EIA preparado individualmente por el ejecutor del proyecto.
- Además, por falta de experiencias sobre el desarrollo geotérmico, la autoridad ambiental no puede evaluar las tecnologías, parando esencialmente los trámites para otorgar licencias ambientales.

Se organiza en el siguiente cuadro los tipos de concesiones y licencias ambientales, el período de obtención de las solicitudes y las autoridades competentes respectivas. Adicionalmente, para las licencias se encuentran las problemáticas de organización indicadas en la **Table 3.3-1** y bajo la dirección gobierno central se está adelantando la organización del sistema legal. El estudio para verificar recursos, que implica la perforación exploratoria, corresponde a la etapa de exploración y se debe conseguir la licencia ambiental correspondiente.

**Tabla 3.3-1 Concesiones / Licencias Ambientales y sus Problemáticas Relacionadas con el Desarrollo Geotérmico**

Tipo	Etapa de desarrollo	Jurisdicción		Problemáticas sobre la organización
1) Concesión	<u>1. Etapa de exploración</u> Exploración de los recursos <u>2. Etapa de explotación</u> Desarrollo / uso de los recursos	MME		Es necesaria la organización de la definición, clasificación, relación entre el terreno y los recursos subterráneos, período de concesión y métodos específicos de los proyectos objeto.
2) Autorización de estudio	Estudio superficial (Actos que no requiere EIA como geología, geoquímica y exploración geofísica, etc.)	Administración regional		En caso de que se crucen varias jurisdicciones gubernamentales, es necesario aclarar el método para otorgar los permisos, y la respuesta en casos de que se entreguen varias solicitudes de la misma región por la misma entidad. El plazo de vigencia actual de dos años es insuficiente para ejecutar el estudio de prefactibilidad.
3) Licencias ambientales	<u>1. Etapa de exploración</u> Revisión de los recursos por prospección	<b>10~100 MW</b>	<b>&gt; 100 MW</b>	Igual a 2). Es necesaria la formulación de ToR de EIA, de acuerdo a cada etapa de desarrollo. En el régimen vigente, los proyectos de generación eléctrica inferior a 10MW no requieren licencia ambiental.
	<u>2. Etapa de explotación</u> Pozos de producción, perforación de pozos de reducción, construcción de centrales eléctricas, etc.	Administración local (Corporación regional autónoma)	ANLA	

Fuente: JST

### 3.4 Cooperación Financiera para el Desarrollo de Energía Geotérmica

El desarrollo geotérmico cuenta con altos riesgos en la etapa inicial de exploración, y se presentan numerosos casos de proyectos que poseen problemas al reunir los recursos en esta etapa. Posteriormente, también se presentan riesgos en la perforación de los pozos de producción, para la cual es decisiva en el éxito del proyecto la forma de mitigar los riesgos. El esquema de obtención de fondos y mitigación de riesgos geotérmicos aplicable en Colombia actualmente, se indica en la **Figura 3.4-1** (FENOGE está establecido como sistema, pero se encuentra en trámites de organización, por lo cual su esquema de financiamiento, por parte de otras entidades que no sean del gobierno, todavía no está definido y ahora se prepara su funcionamiento.)

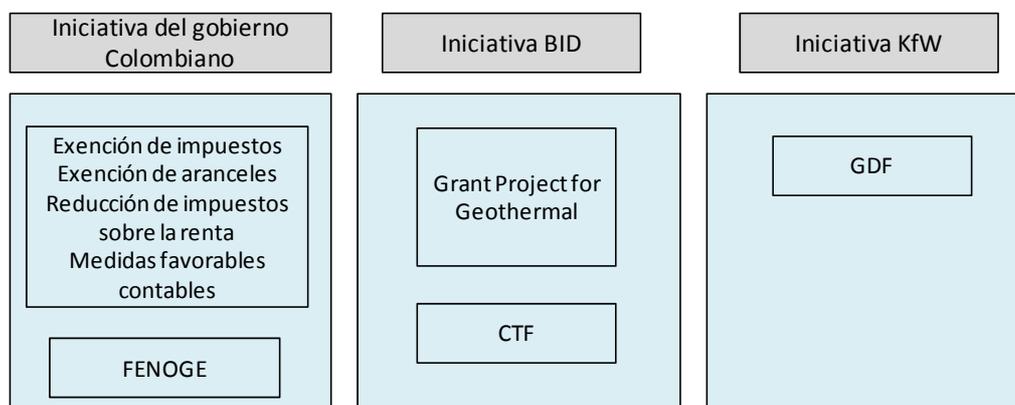
A continuación, se indica el contenido que aborda cada una:

#### 3.4.1 Iniciativas del Gobierno

El apoyo relacionado con la geotermia, por políticas del gobierno colombiano, se centra en medidas de exención de impuestos hacia los empresarios; hasta el momento no se han considerado subsidios, garantías de financiación, contribuciones de presupuesto gubernamental y sistemas de compra a tarifas fijas entre otros. A continuación, se resumen las políticas aplicadas actualmente:

**(1) Correspondencia financiera / administrativa de exención de impuestos etc.**

Se toman como fundamentos legales las disposiciones preferentes del desarrollo de energía renovable establecidos en la ley colombiana 1715 de 2014. Su principal contenido es el siguiente (**Tabla 3.4-1**).



Fuente: JST

**Figura 3.4-1 Esquema de Obtención de Fondos y Mitigación de Riesgos en el Desarrollo de Generación Geotérmica<sup>1</sup>**

**Tabla 3.4-1 Disposiciones Preferentes Relacionadas con el Desarrollo de Energía Renovable**

No	Artículo	Contenido de las disposiciones preferentes
1	Impuestos a personerías jurídicas	Se acepta la desgravación del 50% del monto total invertido durante 5 años.
2	Disposiciones preferentes en el sistema del IVA	Se realiza exención en el IVA para maquinaria y dispositivos.
3	Aranceles de importación	Se realiza exención de aranceles para la importación de maquinaria y dispositivos.
4	Tratos favorables contables	Se acepta la aceleración de la depreciación de activos fijos

Fuente: JST

<sup>1</sup> BID está ejecutando el programa CORE en coordinación con JICA y podría haber el financiamiento con crédito sindicado mediante el mencionado programa. Sin embargo, todavía la maduración de proyectos es baja y el apoyo para la inversión en infraestructuras es un desafío a considerar de ahora en adelante. El programa CORE se refiere al “Cofinanciamiento para Energía Renovable y Eficiencia Energética (CORE) en América Central y el Caribe”, firmado entre JICA y BID el 29 de marzo de 2014. Este programa consiste en formular proyectos, aprovechando los conocimientos y experiencias de BID, que es el mayor donante de América Central y el Caribe para contribuir a las medidas de mitigación del cambio climático de la región. Actualmente, el Banco de Desarrollo del Caribe también es objeto de la aplicación del programa CORE.

Frente a estas medidas preferenciales tributarias, se indica la bienvenida a los empresarios, sin embargo se tienen inquietudes ante problemáticas de la activación de proyectos. Básicamente, en esto se incluye el tiempo que se requiere para los estudios de desarrollo geotérmico, los costos de desarrollo de las generadoras geotérmicas, el mejoramiento de los conocimientos técnicos y la concesión de licencias por parte del gobierno, escuchando opiniones sobre la necesidad de un estudio más profundo a futuro.

## **(2) Fondo de Energías Renovables y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE)**

FENOGE es un fondo establecido por la ley colombiana 1715 de 2014. Por otra parte, en el plan de desarrollo nacional (2014-2018), también se describen el abordaje del ahorro energético y desarrollo de energía renovable. El fondo FENOGE no ha sido creado a la fecha, aunque ya ha sido elaborado el proyecto de ley que se indica más abajo. Si bien es cierto que aquí no está especificada la energía geotérmica, se considera que ésta es una de las fuentes de energía renovable elegibles para el financiamiento.

### **DECRETA:**

**Artículo 1. Naturaleza del Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE).** El Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE), creado por el artículo 10 de la Ley 1715 de 2014, es un fondo sin personería jurídica, regido por los lineamientos definidos en el presente decreto y administrado por una fiduciaría seleccionada por el Ministerio de Minas y Energía, sujeto a las normas y procedimientos establecidos en la Constitución Política, el Estatuto Orgánico de Presupuesto, el Estatuto General de Contratación Estatal y demás normas aplicables.

La fiduciaría seleccionada será la encargada de la administración y manejo de los recursos que nutran dicho fondo, provenientes de aportes de la Nación, entidades públicas o privadas, así como de organismos de carácter multilateral e internacional.

**Artículo 2. Funcionamiento del FENOGE.** Dentro de los seis (6) meses siguientes a la expedición del presente Decreto, el Ministerio de Minas y Energía, mediante resolución, expedirá el Manual de Operación del FENOGE. Dicho Manual deberá determinar, al menos, los siguientes aspectos:

- Los mecanismos y parámetros mediante los cuales se podrán asignar y ejecutar los recursos del FENOGE.
- Los plazos y condiciones para la solicitud de los recursos.
- Las características que deben tener los programas y proyectos y los beneficiarios elegibles.
- Los procedimientos y requisitos para la presentación de los proyectos.
- Los criterios de selección y las fórmulas de priorización de dichos proyectos.
- Los mecanismos mediante los cuales se efectuará el monitoreo, evaluación y seguimiento de la implementación de los programas y proyectos financiados con recursos del FENOGE.

**Artículo 3. Recaudo y manejo de los recursos.** El recaudo y manejo de los recursos

destinados a nutrir el FENOGE estará a cargo de la fiducia que el Ministerio de Minas y Energía seleccione para la administración de dicho fondo. A dicha fiducia ingresarán todos los recursos aportados por las fuentes definidas en la ley, y la misma llevará cuentas separadas correspondientes a cada fuente de recursos.

**Artículo 4. Comité Fiduciario del FENOGE.** El FENOGE contará con un Comité Fiduciario, el cual dirigirá la administración y asignación de los recursos del Fondo. Dicho Comité estará integrado de la siguiente manera:

- El Ministro de Minas y Energía, o su delegado.
- El Viceministro de Energía, o su delegado.
- El Director de la Unidad de Planeación Minero Energética, o su delegado.

Al Comité podrán asistir como invitados aquellas personas que el Comité considere, según los asuntos que se traten en cada una de sus sesiones, y los proyectos que hayan sido presentados para su financiación.

**Artículo 5. Apoyo técnico.** El Comité Fiduciario designará un grupo de apoyo técnico, con el fin de que cumpla las siguientes funciones:

- Ejercer la secretaría técnica del Comité Fiduciario.
- Revisar el cumplimiento de los procedimientos y requisitos establecidos en el Manual de Operación de que trata el artículo 2 del presente Decreto, por parte de los beneficiarios elegibles y de los programas y proyectos que soliciten recursos del FENOGE, emitiendo un concepto sobre su viabilidad técnica, económica, y ambiental.
- Apoyar la ejecución de los recursos del FENOGE mediante la elaboración de los convenios, contratos y actos administrativos que sean necesarios para el efecto.
- Llevar a cabo el seguimiento a las actividades de los proyectos correspondientes aprobados para la ejecución con recursos del FENOGE.
- Las demás que le sean asignadas para el buen funcionamiento del FENOGE.

**Artículo 6. Destinación de los recursos.** El Comité Fiduciario del FENOGE, con base en los insumos e informes del Grupo de Apoyo Técnico, asignará los recursos del Fondo a los fines enunciados a continuación:

- Financiar parcial o totalmente programas y proyectos dirigidos a los sectores público, comercial, de servicios, industrial, o a los estratos 1, 2 y 3 del sector residencial, para la implementación de soluciones de autogeneración a pequeña escala basados en Fuentes No Convencionales de Energía Renovable.
- Financiar parcial o totalmente, programas y proyectos dirigidos a los sectores público, comercial, de servicios, industrial, transporte, a los estratos 1, 2 y 3 del sector residencial, o a los usuarios que estén ubicados en Zonas No Interconectadas, destinados a mejorar la eficiencia energética mediante los siguientes mecanismos:
- La promoción de buenas prácticas para el uso de energía
- El cambio de equipos de uso final de energía y la aplicación de tecnologías eficientes

en sistemas y procesos de producción, iluminación, fuerza motriz, aire acondicionado, refrigeración, combustión, generación de calor y vapor, entre otros, incluyendo la disposición final de equipos sustituidos,

- La implementación de iniciativas para incentivar la respuesta de la demanda.
- La adecuación de instalaciones internas,
- El diseño e implementación de adecuaciones arquitectónicas.
- Promover y financiar parcial o totalmente los estudios técnicos y auditorías energéticas que se requieran para llevar a cabo los programas y proyectos enunciados en el literal b) del presente artículo.
- Financiar parcial o totalmente los costos de administración e interventoría de los programas y/o proyectos de que trata el literal b) del presente artículo.
- Promover y financiar parcial o totalmente sistemas de gestión de energía, así como las etapas iniciales de la implementación de dichos sistemas de gestión.
- Promover el desarrollo de soluciones híbridas que combinen fuentes locales de generación eléctrica con fuentes fósiles y minimicen el tiempo de funcionamiento de los equipos con fuentes fósiles en coherencia con la política de horas de prestación del servicio de energía para las Zonas No Interconectadas-ZNI. Dentro de estos proyectos se dará prioridad a los proyectos que estén incorporados dentro de los Planes de Energización Rural Sostenible a nivel departamental y/o regional.
- Financiar parcial o totalmente a través de créditos blandos la estructuración e implementación de esquemas empresariales en las Zonas No Interconectadas basados en la promoción e implementación de proyectos que cumplan los fines establecidos por la ley 1715 de 2014, exclusivamente para los procesos productivos y su acompañamiento correspondiente. Para cumplir con el presente literal, el FENOGE suscribirá convenios con entidades debidamente autorizadas y vigiladas por la Superintendencia Financiera de Colombia con el fin de que estas otorguen dichos créditos.
- Financiar parcial o totalmente sistemas de monitoreo de las soluciones energéticas instaladas en las Zonas No Interconectadas, así como también para la actividad de transferencia de tecnología y capacitación, que permitan el funcionamiento continuo de los sistemas de suministro de energía desarrollados.
- Incentivar la transferencia de tecnología y capacitación, que garanticen el funcionamiento continuo de las soluciones o los sistemas de suministro de energía desarrollados.
- Financiar parcial o totalmente la implementación de tecnologías y procedimientos de respuesta de la demanda, sistemas de medición avanzada, control, monitoreo y verificación de los proyectos, automatización y redes inteligentes.
- Financiar parcial o totalmente proyectos de investigación, desarrollo, innovación, transferencia de tecnología o capacitación que permita la generación de capacidades productivas nacionales en el ámbito de las fuentes no convencionales de energía y la gestión eficiente de la energía.
- Financiar parcial o totalmente centros de eficiencia energética en entidades educativas de todos los niveles, que permitan hacer transferencia y apoyar a los sectores en la

identificación e implementación de las oportunidades de eficiencia energética.

- Implementar una ventanilla de asistencia técnica para proporcionar asistencia técnica directa a los eventuales beneficiarios del FENOGE para la ejecución de programas fomentados a través del fondo y proporcionar asistencia técnica para aumentar la capacidad de los inversionistas finales para implementar los respectivos proyectos.

**Parágrafo.** En todo caso los proyectos a financiar con recursos de este fondo deberán cumplir evaluaciones costo-beneficio que comparen el costo del proyecto con los ahorros económicos o ingresos producidos.

**Artículo 7. Administración y ejecución de los recursos.** La administración de los recursos y rendimientos provenientes del FENOGE se hará en aplicación de lo dispuesto en el artículo 10 de la ley 1715 de 2014. Para ello se seleccionará una fiduciaria mediante un proceso de selección objetiva definida en el artículo 32° del Estatuto de Contratación Estatal, Ley 80 de 1993. Los proyectos que se financien con cargo al FENOGE, se considerarán como de utilidad pública e interés social.

Los costos que se generen por la implementación y funcionamiento del FENOGE, se sufragarán con cargo a sus propios recursos bajo la figura de costos inherentes o accesorios a la obligación principal de que trata el artículo 14 de la Ley 1737 de 2014, o aquella que la modifique y/o adicione. En todo caso, los gastos de funcionamiento del FENOGE no podrán exceder el 2% de los recursos provenientes de la contribución creada mediante la Ley XXX de 2015 “por medio de la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018”.

**Artículo 8. Aprobación de planes y proyectos.** Para efectos de la financiación de planes y proyectos con recursos del FENOGE, se tendrán en cuenta las siguientes reglas:

- La ejecución, operación y adecuado funcionamiento de los proyectos propuestos serán responsabilidad exclusiva de quien los propone.
- En los casos de proyectos con Fuentes No Convencionales de Energía de interés estratégico de la Nación, además de la financiación con recursos del FENOGE se podrán asignar recursos del FAZNI y/o de otros fondos del Estado en forma complementaria.
- Se dará prioridad a los proyectos destinados a la sustitución de generación de energía eléctrica con combustibles fósiles en las Zonas No Interconectadas.
- Se dará prioridad a proyectos que permitan inducir y promover el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica en micro y pequeñas empresas y en el sector residencial.
- Se dará prioridad a los proyectos presentados por los agentes de la cadena de valor del servicio de energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y de las Zonas No Interconectadas (ZNI), cuyo objetivo sea la complementariedad o suplencia en la utilización de fuentes convencionales en el SIN y en las ZNI.

Fuente: “Por el cual se reglamenta el Fondo de Energías Renovables y Gestión Eficiente de la Energía FENOGE”, Ministerio de Minas y Energía, Colombia

Si bien se encuentran en preparación los decretos ministeriales, necesarios para la constitución y ejecución, y se pretendía el inicio de operación en junio de 2016, a la fecha el gobierno colombiano aún no ha tomado una decisión respecto a la operación. El objetivo de este fondo es desarrollar y promover las energías renovables y el uso racional de energía, cuya fuente de recursos está constituida por el cobro de la tarifa eléctrica (se considera que se cobra adicionalmente un determinado monto, aparte de la tarifa regular eléctrica para provisionar recursos), así como recursos financieros que no provienen de consumidores de electricidad ni gobierno (recursos no reembolsables y préstamos provenientes de gobiernos extranjeros u otros). Está establecido que el fondo estará operado y administrado bajo supervisión de un comité que se creará y su detalle aun se encuentra en análisis. Al constituirse el fondo se revisará la asistencia de KfW, aunque está previsto que KfW seguirá brindando asistencia.

Está previsto que del mencionado cobro y de los recursos externos al gobierno se destine asistencia financiera a la ejecución de proyectos de pequeña escala y a la asistencia a los desarrollos a cargo de empresas privadas, respectivamente. Los detalles tales como el concepto de distribución de recursos al uso racional de energía y energía renovable, los criterios de elegibilidad de proyecto, los montos de recursos financieros y las pautas para screening técnico son los temas pendientes a analizar.

El flujo de recursos de FENOGE está diseñado como sigue (ver **Figura 3.4-2**):

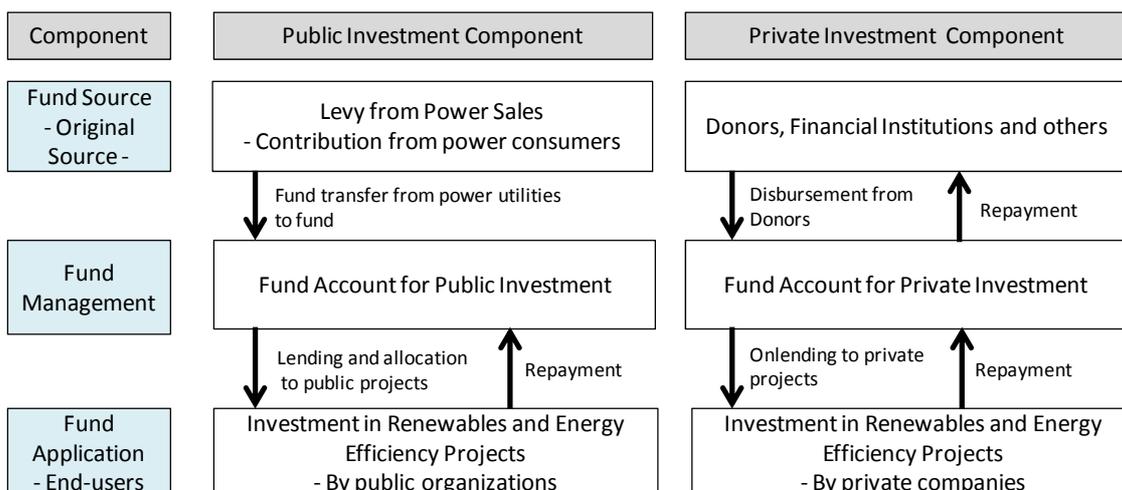
Se prevé que los dos componentes del fondo (privado y público) obtendrán los recursos provenientes del cobro de la tarifa eléctrica (consumidores de electricidad) y de los recursos externos al gobierno (donantes e instituciones financieras) respectivamente, para administrarlos por los respectivos componentes. Los componentes público y privado aplican para financiar cuando se invierten en uso racional de energía y en energías renovables a cargo de los municipios o empresas privadas, respectivamente. Cabe mencionar que para la administración del fondo se prevé crear un comité fiduciario que estará a cargo de operación y administración, así mismo una fiduciaria seleccionada objetivamente, realizará efectivamente los procedimientos administrativos.

Como resultado de las encuestas realizadas sobre la aplicabilidad a los proyectos geotérmicos en el presente Estudio, se considera que si bien es cierto que está identificado como una de las energías renovables objetivas, no está supuesta su aplicación inmediata debido a la falta de logros en el país, situación de preparación de los proyectos y competitividad con otros proyectos.

Asimismo, aún no existen los recursos para el desarrollo a cargo de empresas privadas por lo tanto es necesario promover financiamiento, incluyendo los recursos no reembolsables y externos. Se considera que se analizará su aplicación al desarrollo geotérmico con el seguimiento de constitución y operación del fondo.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> En el contexto que estableció por su cuenta GDF dirigido a la energía geotérmica, KfW puso como tema pendiente a revisar la aplicación de FENOGE (cuyos sectores objetivos son muy amplios no solamente la energía geotérmica sino la energía renovable en general y el uso racional de energía, entre otros) a los proyectos geotérmicos, tomando en cuenta que podría cursar los contenidos de asistencia.



Fuente: JST

**Figura 3.4-2 Flujo de los Recursos FENOGGE**

Como se indicó anteriormente, pese a que el proyecto del decreto sobre la creación del FENOGGE ya ha sido elaborado, aun no se ha llegado a formalizar el consenso ministerial, y por lo tanto es todavía incierto el destino de la promulgación de la ley y de la ejecución de los proyectos. Como se indica en la figura anterior, FENOGGE proyecta reunir los fondos de los distintos donantes y de las instituciones financieras, para luego financiar a las empresas privadas que quieran desarrollar la energía geotérmica. Sin embargo, hasta la fecha no se ha logrado identificar una institución interesada en aportar fondos, por lo que la magnitud de los fondos es también incierto. Se considera necesario, por lo tanto, continuar recabando información y dar seguimiento al avance en la creación de este fondo.

### 3.4.2 Iniciativas del BID

En el BID, el CTF actual se ha implementado, así como los Grant Project. Se resume su situación a continuación:

#### (1) Clean Technology Fund (CTF)

El CTF del BID se encuentra emprendiendo financiación relacionada con sistemas de transporte, ahorro de energía y energía renovable. A continuación, se indica su resumen (**Tabla 3.4-2**).

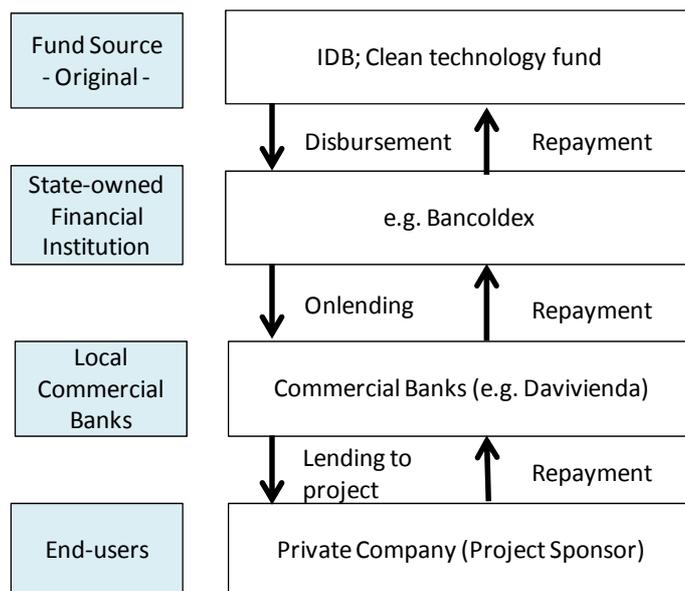
Tabla 3.4-2 Resumen del CTF del BID

No	Artículo	Contenido
1	Objetivo	El Fondo de Tecnologías Limpias (CTF por sus siglas en inglés) tiene como objetivo proveer recursos que contribuyan en los temas de cambio climático. Concretamente, consiste en los siguientes puntos: (a) proporcionar incentivos para lograr reducción de emisión de los gases de efecto invernadero mediante inversiones públicas y privadas, (b) financiar proyectos a fin de acelerar ejecución de universalización y transferencia de tecnologías, ampliación de envergadura o programa de bajo carbono, entre otros, (c) Promover la realización de beneficios sociales ambientales y sociales, demostrando así el potencial de las tecnologías con bajas emisiones de carbono para contribuir al desarrollo sostenible y al logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, (d) promover la cooperación internacional en materia de cambio climático y apoyar el acuerdo sobre el futuro del régimen de cambio climático, (e) apoyar la aplicación de desempeño y capacidad para alcanzar a los Objetivos de Desarrollo del Milenio, (f) proporcionar experiencia y enseñanzas para responder al desafío del cambio climático mediante el aprendizaje por la acción.
2	Nombre del proyecto	Clean technology Fund Colombia Investment Plan
3	Recursos	Total de tránsito y ahorro de energía: US \$2,995mil. CTF es un fondo fideicomiso que promueve financiamiento a fin de lograr demostración y transferencia de tecnologías de bajo carbono y la reducción de emisión de los gases de efecto invernadero a largo plazo y cuenta con diferentes aportantes como fuente de recursos. Asimismo, brinda servicios como otorgamiento de préstamos, garantías y recursos no reembolsables, entre otros.
4	Entidades contraparte de financiación en cooperación	IBRD, IFC, KfW, Gobierno, sector privado, otros
5	Contenido del proyecto	(a) Fase 1 - Financiación relacionada con el Sistema de transporte y ahorro de energía (b) Fase 2 - Financiación relacionada con la energía renovable - Cabe mencionar que existe un programa no reembolsable respecto a la energía geotérmica, este es uno de los proyectos de segunda fase.

Fuente: JST

A continuación, se presentan los casos de proyectos de ahorro de energía de Colombia, como flujo de recursos de CTF (**Figura 3.4-3**).

Los recursos de CTF del BID son sub prestados a entidades financieras privadas por Bancoldex, entidad financiera gubernamental. Se cuenta con el sistema de que las empresas u organizaciones, que realizan inversiones de ahorro de energía, reciben los fondos necesarios de las entidades financieras privadas.



Fuente: JST

**Figura 3.4-3 Flujo de Recursos CTF (proyectos de ahorro de energía)**

**(2) Grant Project**

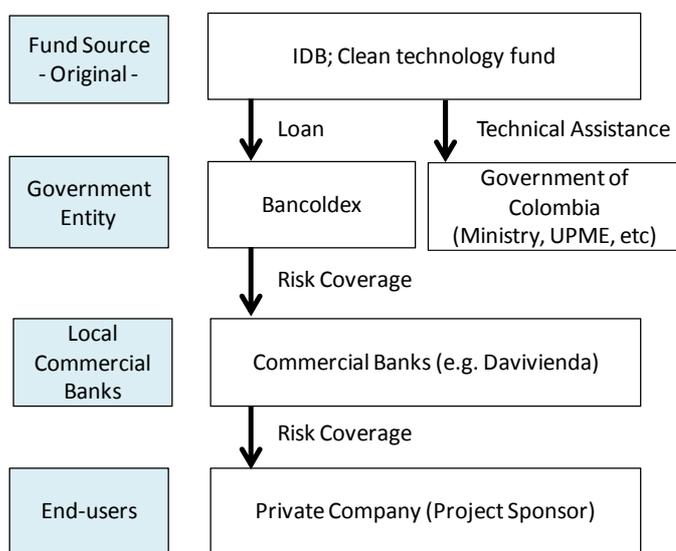
El presente proyecto brinda apoyo en la activación de proyectos de geotermia como cooperación técnica no reembolsable (ver **Tabla 3.4-3**). El objetivo principal es supuesto como el proyecto geotérmico de ISAGEN, sin embargo, no se han visto mayores avances, debido a asuntos relacionados con las inspecciones ambientales. La cooperación de BID se efectúa con fondos no reembolsables y consiste en brindar una asistencia técnica para evaluación técnica y modificación de regulaciones relacionadas al proyecto, así como compensar los riesgos para la perforación de pozos exploratorios, con el objetivo de promover el desarrollo geotérmico.

**Tabla 3.4-3 Resumen de la Cooperación Técnica No Reembolsable del BID**

No	Artículo	Contenido
1	Objetivo	Solucionar el cuello de botella de la generación geotérmica en Colombia, apoyar el suministro del mecanismo de financiación e impulsar el desarrollo. Concretamente, cubre el riesgo en el caso de que la exploración de desarrollo geotérmico, a cargo de empresas privadas, fracase. Además, ejecutará asistencia técnica no reembolsable para promover el desarrollo debido a poca experiencia de desarrollo geotérmico.
2	Nombre del proyecto	Programa de financiamiento y transferencia de riesgos para energía geotérmica
3	Entidad de implementación	Bancoldex
4	Recursos	BID (Clean Technology Fund, Grant) Monto total US\$ 9.53 mil.
5	Contenido de la cooperación	(a) Componente 1 - Fondo de recuperación contingente. Es suministrado por Bancoldex Compensación de los riesgos de los empresarios por préstamos recibidos para la perforación de pozos exploratorios (b) Componente 2 - Asistencia técnica (TA). Asistencia técnica para la evaluación técnica y modificación de regulaciones relacionadas al proyecto (No se publicará información sobre la distribución de recursos a cada componente. A cada componente será otorgado de una forma no reembolsable)
6	Inicio del proyecto	Cuarto trimestre de 2015

Fuente: JST

Como se muestra en la siguiente figura, el esquema de apoyo a los proyectos abarca el apoyo a las organizaciones gubernamentales, junto con la cobertura de riesgos de la perforación exploratoria de las empresas privadas.



Fuente: JST

**Figura 3.4-4 Esquema de Grant Project del BID (proyectos geotérmicos)**

### 3.4.3 Iniciativas de KfW

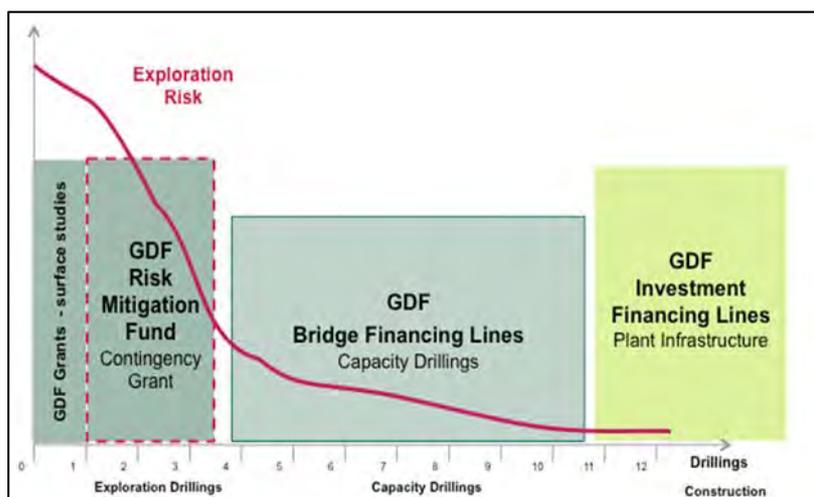
Además de la asistencia técnica a FENOGE, descrita anteriormente, KfW brinda apoyo global para el desarrollo geotérmico. Geothermal Development Facility (GDF) es parte de éste y se indica a continuación su resumen (**Tabla 3.4-4**).

**Tabla 3.4-4 Resumen del Apoyo en Energía Geotérmica de KfW**

No	Artículo	Contenido
1	Objetivo	Apoyar la activación de la generación de energía geotérmica en Latinoamérica
2	Establecimiento	Plan de inicio de recepción de propuestas en el primer trimestre de 2016 Plan del primer contrato Grant en el primer trimestre de 2017
3	Organizaciones participantes	KfW, EC, IDB, EIB, WB, CAF, AFD, JICA, BCIE, ESMAP, NDF, GIZ, BGR
4	Contenido de la cooperación	(a) Etapa de estudio y exploración - GDF Grant: Recursos de estudio de pre factibilidad, perforaciones delgadas (slim hole drillings), estudio geológico - GDF Risk Mitigation Fund ; Contingent Grant Hasta 40% de los costos de exploración, hasta 3 pozos Máximo 6.0 mil euros Pruebas de pozos exploratorios, estudios de factibilidad (b) etapa de perforación de pozos de producción - GDF Bridge Financing Lines Pozos de producción, reducción de riesgos de perforación de pozos, costos de pruebas - Reaseguramiento por Munich Reinsurance (c) Etapa de desarrollo de campo / planta de generación eléctrica - GDF Investment Financing Lines: Financiamiento de recursos de construcción Incluye los costos de construcción para la conexión de la zona interconectada (d) Otros - Asistencia técnica / política de diálogo / coordinación
5	Entidades / empresas objeto	Entidades, privadas, públicas o conjuntas
6	Fuente de recursos prevista	a) Etapa de estudio y exploración Recursos GDF b) Etapa de perforación de pozos de producción c) KfW, CAF, BCIE, (en Chile, CTF del BID) d) Etapa de desarrollo del campo / plantas de generación eléctrica KfW/CAF, KfW/BCIE, WB, BID, EIB, JICA, Privados

Fuente: JST

En la **Figura 3.4-5** se indica el contenido de asistencia por cada fase de desarrollo geotérmico que brinda el GDF:

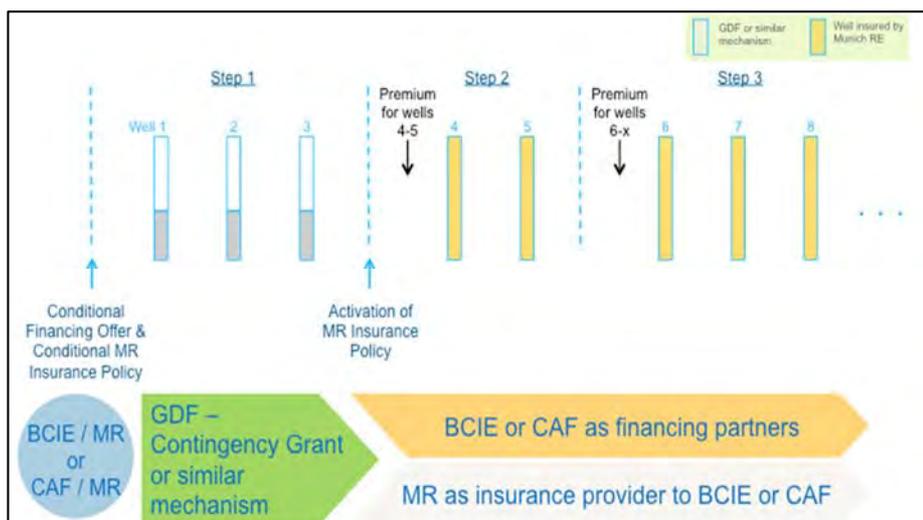


Fuente: Material de KfW

**Figura 3.4-5 Asistencia de GDF por fases**

Se realizará asistencia al estudio de la superficie terrestre en la fase de estudio y se otorgará compensación en caso de fracaso de perforación exploratoria en uso de Risk Mitigation Fund (fondo de mitigación de riesgos) en la fase de exploración. En la etapa de perforación de pozos de producción se ejecutará financiamiento utilizando Bridge Financing Lines (Líneas de crédito puente). Asimismo, en la etapa del desarrollo de campo y la construcción de central eléctrica se otorgará un préstamo de recursos de desarrollo, provenientes de Investment Financing Lines (líneas de crédito para la inversión) de GDF.

El esquema de seguro a cargo de Munich Reinsurance Company (MR) se indica en la **Figura 3.4-6:**



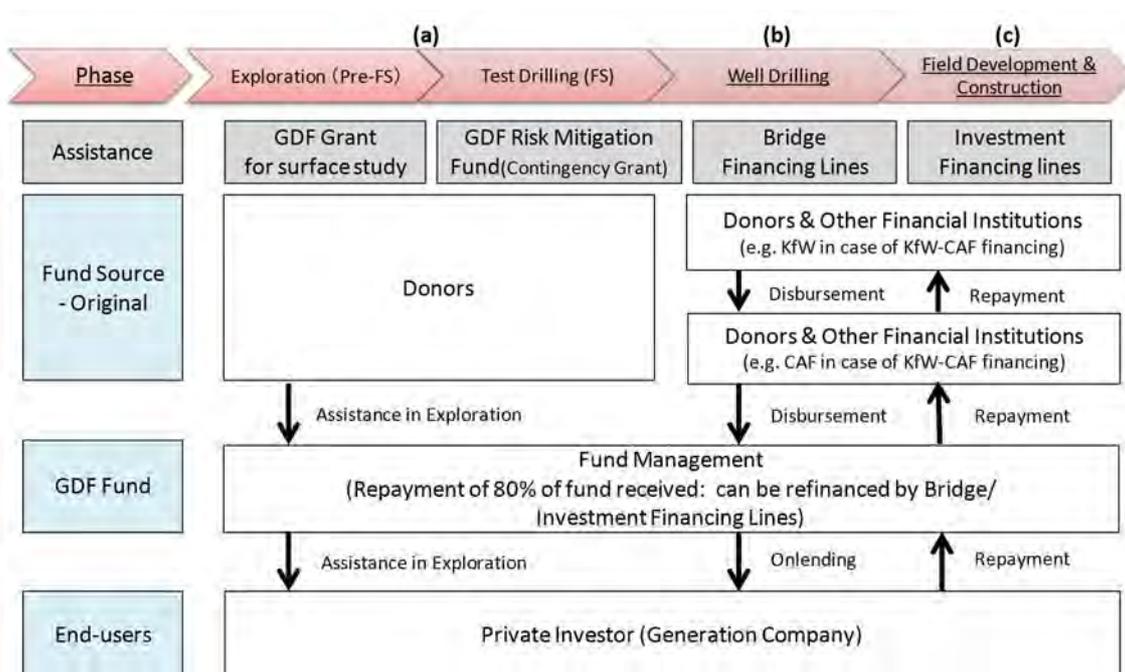
Fuente:Material de KfW

**Figura 3.4-6 Seguro de MR**

En este caso, se planea reducir riesgos con el uso del esquema Contingent Grant (Préstamo contingente) de GDF, en la fase de exploración. En la siguiente fase de perforación de pozos de producción, desarrollo de campo y construcción de central eléctrica, se recibe financiamiento de recursos de desarrollo por parte de BCIE, CAF, entre otros, mientras tanto utiliza seguro de riesgos de MR.

KfW desea estructurar un proyecto a cada país. En Colombia, tres empresas (EPM, ISAGEN y ENEL) están preparando proyectos y se considera que estas empresas analizarán la utilización de GDF conforme al avance de los proyectos. Por otro lado, dado que KfW aún no ha tomado decisión de apoyar a los determinados proyectos, se considera que analizará la aplicación de GDF, tomando en cuenta la madurez de cada uno de los proyectos en el futuro.

El flujo de los recursos de GDF es el siguiente (Figura 3.4-7):



Fuente: JST

**Figura 3.4-7 Flujo de los Recursos GDF**

A continuación, se entrega una breve descripción de la asistencia con el fondo GDF. Los literales (a) a (c) corresponden a las fases del desarrollo indicadas en la figura anterior, y se describe el contenido de la asistencia y las fuentes de financiamiento de la respectiva fase.

(a) Fase del estudio y de sondeo de exploración

La fase del estudio y de sondeo de exploración, por lo general, incluye el estudio inicial del suelo superficial, prefactibilidad y perforación de pozos de diámetro reducido, para evaluar el potencial de desarrollo. En algunos casos estos estudios son ejecutados con los recursos propios de los patrocinadores del proyecto. Sin embargo, el proyecto puede verse estancado en la fase inicial a falta de los recursos necesarios para llevar a cabo estos

estudios. El GDF puede asistir a estos proyectos mediante la entrega de fondos sin necesidad de reembolsar.

Aun cuando la viabilidad de un proyecto haya sido comprobada mediante el estudio de prefactibilidad, puede o no pasar a la siguiente fase, como es el sondeo de exploración, dependiendo de la disponibilidad del fondo. Por lo general, es difícil obtener el financiamiento de una institución financiera privada para ejecutar el sondeo de exploración. Muchas veces se resuelve esta dificultad mediante la obtención de la asistencia financiera de un donante. El GDF cubre hasta el 40 % del costo de sondeo de exploración con el Fondo de Mitigación de Riesgos, y paga la compensación de hasta tres pozos de sondeo que no han tenido éxito. El monto límite es de 6,0 millones de euros. El Fondo de Mitigación de Riesgos es aplicable a las pruebas de sondeo de exploración y a los estudios de factibilidad.

(b) Fase de perforación de los pozos de producción

En la fase de perforación de los pozos de producción, se requieren desembolsar los costos de perforación de los pozos de producción, de reinyección y pruebas, entre otros. Para esta fase se espera tener acceso a los créditos de las instituciones financieras privadas, aunque la asistencia financiera de los donantes sigue siendo efectiva. Por ejemplo el GDF ofrece las Líneas de Financiamiento Puente aplicables a la perforación de los pozos de producción, de reinyección y a las pruebas. Por otro lado, la compañía de seguro privado Munich Reinsurance ("MR" en la **Figura 3.4-6**) ofrece los seguros que cubren los riesgos para cuando hayan fracasado estas operaciones.

(c) Fase de construcción del campo y de la central eléctrica

En la fase de construcción del campo y de la central de generación eléctrica, debe haberse comprobado hasta cierto punto la rentabilidad del proyecto, por lo que el riesgo es relativamente reducido. Como un programa de financiamiento para la construcción de las centrales eléctricas, el GDF ofrece las Líneas de Financiamiento para la Inversión. Este programa puede cubrir también el costo de construcción para interconectar la nueva central a la red eléctrica existente.

(d) Otros

Entre otros programas de asistencia del GDF están la asistencia técnica, diálogo político y coordinación para el desarrollo. Estas actividades ofrecen asistencia técnica a los desarrolladores, y contribuyen a reducir los riesgos de los proyectos.

Recapitulando, las fuentes de los recursos del fondo son recursos no reembolsables y préstamos de donantes e instituciones financieras. En la fase de estudio y exploración puede aplicar Risk Mitigation Fund (fondo de mitigación de riesgo), cuyos recursos son principalmente no reembolsables, provenientes de donantes como KfW y son administrados como una sola cuenta en el fondo. Los recursos financieros respecto a los pozos de producción, desarrollo de campo y construcción de central eléctrica serán canalizados a las empresas privadas de desarrollo, como usuario final, con fuente de recursos reembolsable de donante. Además de financiamiento, MR brinda un seguro orientado a riesgo, relacionado a desarrollo y construcción. Es decir, la asistencia de desarrollo geotérmico por el fondo se brindará conjuntamente en combinación de recursos no reembolsable y reembolsable de donante, asimismo la prestación de servicios de la empresa de seguro. El KfW celebró el contrato de financiación con CAF en Abril de 2016 (250 mil Euros en cuanto a energía geotérmica); sin embargo, esta financiación será brindada a los empresarios de desarrollo geotérmico bajo el esquema de GDF, por medio de CAF. No obstante, según la información de CAF, en Colombia no existen proyectos específicos todavía, lo cual

quiere decir que habrá necesidad de estudiar proyectos a futuro. En este sentido, CAF está a la espera del estudio de JICA, ya que tienen dinero, aunque no sabrían dónde ubicarlo.

### **3.5 Investigaciones para el Desarrollo Geotérmico por Parte del Gobierno**

#### **3.5.1 Iniciativas para el Desarrollo de Generadoras de Energía Geotérmica por SGC**

##### **(1) Resumen del Servicio Geológico Colombiano (SGC)**

###### **1) Contenido de las funciones de SGC**

El Servicio Geológico Colombiano (SGC) (antes INGEOMINAS), fue establecido en 1916 con el objetivo de la exploración de recursos geológicos y mineros en Colombia. Desde entonces, se encarga de los estudios de inventario de minería, estudios de volcanes, recolección de información básica de gestión de recursos subterráneos y su divulgación, con el objetivo de aportar al desarrollo de la sociedad y economía del mismo país. En noviembre de 2011, INGEOMINAS fue reestructurado a SGC.

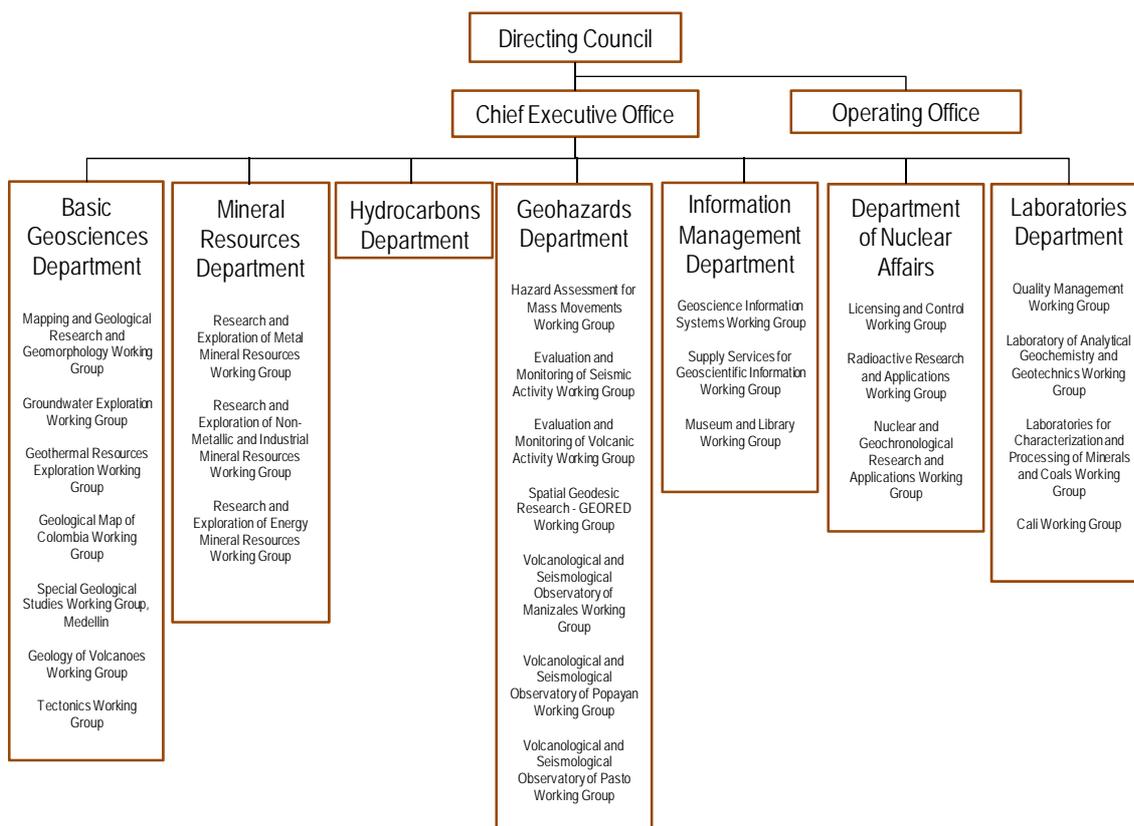
El resumen de las funciones de SGC es el siguiente<sup>1</sup>.

- Estudios básicos geoquímicos
- Identificación de recursos subterráneos potenciales
- Evaluación y monitoreo de desastres geológicos
- Gestión integral de la información geoquímica
- Investigación relacionada con las técnicas de energía nuclear y gestión de materiales radioactivos

En la **Figura 3.5-1** se presenta el organigrama general del SGC.

---

<sup>1</sup> De la página web de SGC (<http://www2.sgc.gov.co/>)



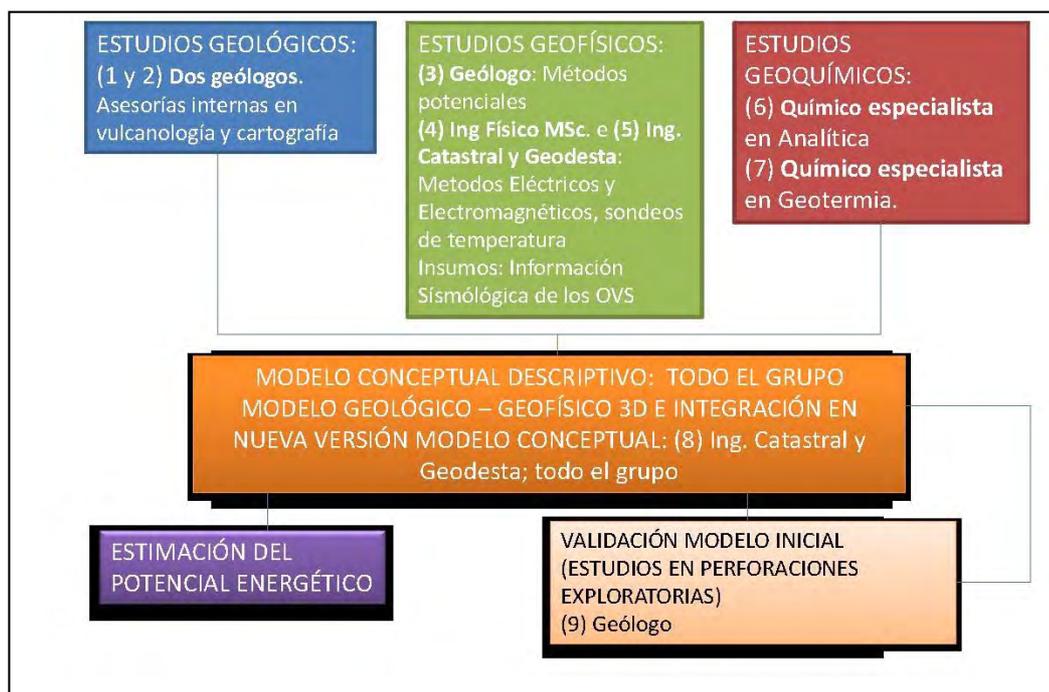
Fuente: SGC

**Figura 3.5-1 Organigrama general del SGC**

**(2) Sector de desarrollo geotérmico de SGC**

Los expertos relacionados con el desarrollo geotérmico, dentro de la organización de SGC, son actualmente 10 personas, de los sectores de geología, geoquímica y geofísica, entre otros (Figura 3.5-2).

El presupuesto general del ejercicio 2016 de SGC es 57.131 millones de COP, en el cual el presupuesto anual de la sección de desarrollo geotérmico ha sido 700 millones de COP. Para el ejercicio 2017 está programado el primer estudio de perforación de pozos de gradiente térmico a cargo de SGC y está previsto destinar un presupuesto de 7.000 millones de COP.



Fuente: Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2016

**Figura 3.5-2 Resumen Organizacional de SGC**

### (1) Estudios de desarrollo geotérmico por SGC

A continuación, se indica el resumen de los estudios relacionados con el desarrollo de generación geotérmica realizados por SGC:

#### a) Estudio de potencial en zonas prometedoras de geotermia

SGC se encuentra realizando principalmente las siguientes dos (2) labores, relacionadas con el desarrollo geotérmico.

1) Elaboración del mapa de potencial de temperatura del suelo nacional: mapa gradiente de temperatura utilizando pozos de petróleo en cuencas sedimentarias: National hydrothermal map (2008), in sedimentary basins using oil boreholes data.

2) Estudio de inventario de manifestaciones geotérmicas nacionales: estudio y mapeo de manifestaciones de aguas termales. Los datos del estudio se encuentran publicados en la página web. ([/hidrothermal.sgc.gov.co/](http://hidrothermal.sgc.gov.co/)). National inventory of surface manifestation (hot springs), which data is available from website: [/hidrothermal.sgc.gov.co/](http://hidrothermal.sgc.gov.co/)

Entre los sistemas geotérmicos seleccionados dentro del estudio preliminar, realizado por Italia en 1992, se están realizando estudios en cinco (5) sitios de mayor prioridad. Sin embargo, se establece que existen como mínimo 20 sitios de baja – mediana temperatura en el país.

#### b) Situación de desarrollo del potencial sistema geotérmico

A continuación, se indica la situación de avance de los estudios en los cinco (5) sitios de mayor prioridad con potencial geotérmico (Las ubicaciones se muestran en la **Figura 3.2-1**).

**Tabla 3.5-1 Situación de los Estudios de Desarrollo Geotérmico de SGC**

No.	Zona geotérmica	Ejecutante de estudio/desarrollo	Orden de prioridad*	Estudio geológico 1:25,000	Estudio geoquímico	Exploración geofísica				Modelado 3D	Perforación exploratoria
						Gravimetría	Magnetometría	Geoeléctrica	MT		
1	Paipa	SGC	Medio-alto	x	x	x	x	±	x	x	-
2	Azufral	SGC	Alto	x	x	x	x	X	x		-
3	San Diego	SGC	Mediano - alto	x	x	x	x				-
4	Nevado del Ruiz	ISAGEN /EPM	**	-	-	x	x	X	x	x	x
5	Tufino, Chiles	ISAGEN	**	-	-	±	±	±	±	±	-

\*: Según resultados de estudios existentes

x: ejecutado, ±: en ejecución, -: no ejecutado

\*\* : No está clasificado por prioridad debido a que se transfirió a empresas privadas como ejecutor de estudio. Asimismo, en cuanto al estudio geológico, estudio geoquímico y exploración geofísica de las zonas No. 4 y No. 5, al principio SGC también cooperaba en el estudio, pero en la actualidad se efectúan estudios sólo por parte de las empresas privadas

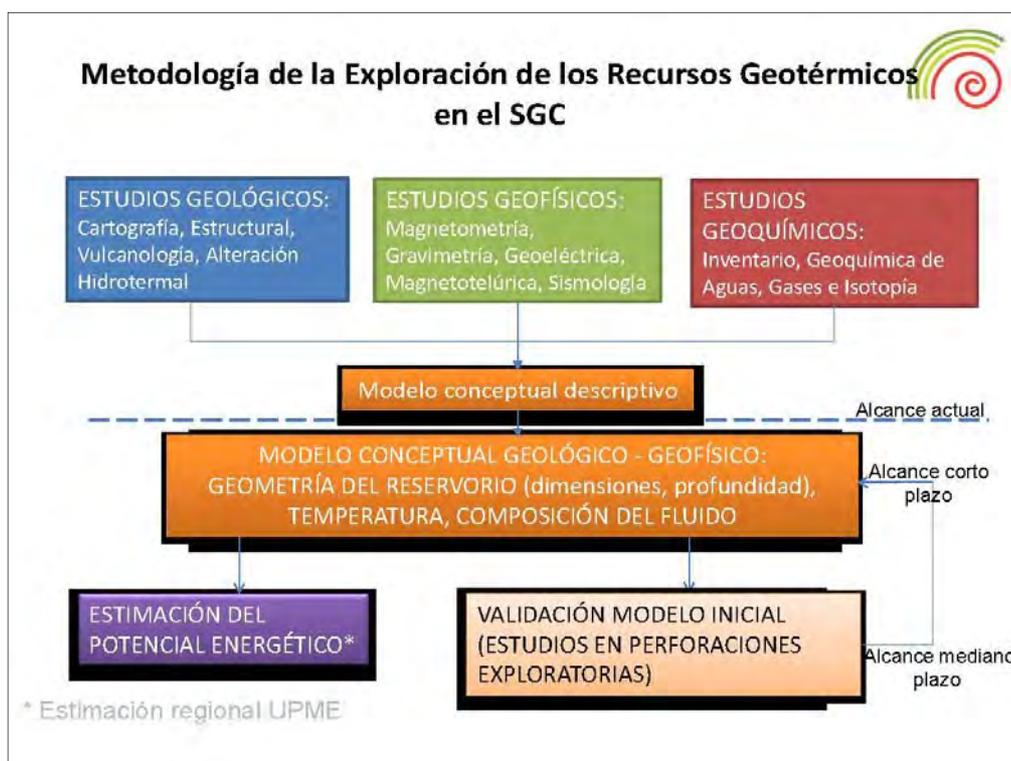
Fuente: Servicio Geológico Colombianos SGC, 2016

Paipa (No.1) y Azufral (No.2) son los principales campos de estudio de SGC. En cuanto a la zona geotérmica No.4, Nevado del Ruiz, empresas privadas han demostrado su interés y se realizan estudios, por lo cual SGC no se encuentra a cargo actualmente. Por otra parte, en la zona geotérmica Chiles No. 5, se dificulta la coordinación con los indígenas por lo cual se encuentra en situación de interrupción de los estudios.

Adicionalmente, el SGC planea realizar análisis 3D de modelos conceptuales geotérmicos, utilizando los datos de estudios de capas superficiales de geología, geoquímica y geofísica. (Se planea utilizar Geo-modeler).

## (2) Esquema de estudios de desarrollo geotérmico y problemáticas a futuro

En la **Figura 3.5-3**, a continuación, se indica el esquema de exploración de los recursos geotérmicos de SGC.



Fuente: Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2016

**Figura 3.5-3 Esquema de Exploración de Recursos Geotérmicos**

a) Planes de estudios futuros de SGC

Actualmente, en SGC se logró una estimación de la obtención de recursos por MME para las perforaciones de tres (3) pozos gradientes de temperatura, en la zona geotérmica de Paipa.

En la siguiente etapa se planea la perforación de 1 pozo de prueba (2.000 m de profundidad), sin embargo todavía no se cuenta con los recursos.

b) Itinerario

Julio – Noviembre 2016: Selección de candidatos de perforación por modelado 3 D

2017~: Suministros para las tres (3) perforaciones de pozos de gradiente de temperatura y realización del EIA

## CAPITULO 4. Recomendaciones para Promover el Desarrollo Geotérmico

En el capítulo anterior se resumieron los desafíos para realizar el desarrollo de generación geotérmica en Colombia. En este capítulo se referirán propuestas para resolver los mencionados temas pendientes y promover el desarrollo geotérmico del país, así como la posibilidad de cooperación técnica y asistencia financiera a cargo de JICA. Cabe mencionar que, en caso de suponer el actual esquema de préstamos en yenes, sería difícil aplicar un financiamiento directo a los proyectos privados, debido a que los proyectos de generación eléctrica de Colombia se están ejecutando principalmente con inversiones privadas. En este contexto, en el presente Informe se proponen los esquemas de asistencia aplicables en este momento.<sup>1</sup>

### 4.1 Organización de Sistema Legal Relacionado a la Gestión de Recursos Geotérmicos

#### 4.1.1 Organización del marco legal general

Para el desarrollo geotérmico, en Colombia, se expiden 2 tipos de licencias ambientales: 1) Etapa de exploración de los recursos y 2) Etapa de explotación de recursos geotérmicos. Los agentes desarrolladores cuentan con un sistema para la expedición de una licencia ambiental para cada etapa, para lo cual se requiere la ejecución del respectivo Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y su evaluación por parte de la autoridad ambiental.

Actualmente (a agosto de 2016), se encuentra instalada la mesa de trabajo conformada por MME, SGC, UPME, ANLA y MADS, la cual está a cargo de la establecimiento del marco legal general para el desarrollo de recursos geotérmicos, a través de un decreto técnico. Para la definición del marco legal general, es indispensable un conocimiento especializado, relacionado al desarrollo geotérmico y es requerido el asesoramiento por parte de expertos.

Adicionalmente, para la definición de los asuntos relacionados con las concesiones y licencias, existe la necesidad de realizar su ordenamiento, enfocándose en los siguientes aspectos:

- Definición de recursos geotérmicos y sus derechos de posesión (concesión del campo, a través de contratos de exploración y explotación, bajo la dirección del Ministerio de Minas y Energía (MME) y con el apoyo del SGC)
- Organización de los tipos de licencia ambiental (permisos de estudio, concesiones de agua, exploración (estudio superficial, estudios de perforación exploratoria)) bajo la dirección del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)
- Autoridad emisora de las licencias ambientales (autoridad ambiental nacional (ANLA), autoridad ambiental regional (corporación regional autónoma respectiva).
- Método de determinación de las concesiones de campos geotérmicos (inspección individual, licitaciones por competencia), bajo la dirección del MME.

---

<sup>1</sup> Los lineamientos del desarrollo de los proyectos de generación eléctrica en Colombia se basan en la inversión de empresas privadas, tal como se estipula en las leyes de 142 (Ley de Servicios Públicos) y 143 (Ley de Energía Eléctrica) de 1994.

- Período o duración de las concesiones de los campos geotérmicos, bajo la dirección del MME.
- Método de establecimiento de las áreas a desarrollar (concesionar), con el fin de definir un conducto regular (vía oficial) para tramitar una concesión ante el MME o ante la institución que éste designe.

**(1) Elaboración de los Términos de Referencia para los Estudios de Evaluación de Impactos Socio-Ambientales**

Para el desarrollo geotérmico, en Colombia, se expiden 2 tipos de licencias ambientales: 1) Etapa de exploración de los recursos y 2) Etapa de explotación de recursos geotérmicos. Los agentes desarrolladores cuentan con un sistema para la expedición de una licencia ambiental para cada etapa, para lo cual se requiere la ejecución del respectivo Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y la evaluación por parte de la autoridad ambiental.

Sin embargo, actualmente en Colombia no se encuentran establecidos los términos de referencia para la elaboración de los EIA de proyectos de generación geotérmica, contando con la situación de que los agentes realizan la exploración geotérmica con base en los términos de referencia de exploración de hidrocarburos. Debido a esto, existe la necesidad de evaluar los EIA por parte de la autoridad ambiental regional, según el área de jurisdicción de cada proyecto, siendo este un factor inhibitorio de la promoción del desarrollo geotérmico en este país, al conllevar dificultades técnicas y de tiempo.

Adicionalmente, existe el riesgo de no realizarse la evaluación ambiental relacionada a ciertos impactos ambientales característicos de la explotación geotérmica, como son: ácido sulfhídrico, manejo del agua caliente, entre otros.

Como resultado, es necesario establecer urgentemente los términos de referencia para los EIA especializados en el desarrollo geotérmico; y para su planeación e implementación se requiere asesoramiento de expertos en geotermia.

Respecto a los términos de referencia para los EIA, para satisfacer los requisitos establecidos por el Banco Mundial/ Corporación Financiera Internacional (IFC) y organizaciones internacionales como JICA, por lo menos deben contener los siguientes ítems. Sin embargo, son ítems generales y no se limitarán a éstos, dependiendo de la situación del proyecto.

- Marco legal, organización
- Plan de proyecto
- Estado ambiental y social base
- Impacto ambiental y social
- Evaluación del impacto
- Comparación de alternativas
- Medidas de mitigación
- Plan de monitoreo
- Plan de negociación y colaboración con los interesados

- Adquisición de terrenos, traslado de residentes

Asimismo, como ejemplos de ítems de focalización (*scoping*) del impacto ambiental y social para definir los términos de referencia para los EIA, pueden citarse los siguientes. Especialmente, los ítems de estudio característicos para el desarrollo geotérmico están subrayados.

- emisiones a la atmósfera incluyendo el hidrógeno sulfúrico
- ruido y vibración
- aseguramiento de agua de perforación
- impacto al agua superficial y subterránea
- micro-sismicidad y hundimiento del suelo
- uso de terrenos y reducción de agua
- tratamiento de lodo de perforación
- tratamiento de aguas residuales
- hot brine management plan : tratamiento de agua caliente
- restauración del suelo a utilizar
- plan de reforestación
- plan de conservación de flora/fauna afectada
- conservación ambiental durante la exploración/construcción
- tráfico
- impacto al turismo/economía
- protección
- salud y seguridad
- salud de los operadores
- derrame accidental de sustancias contaminantes
- materiales peligrosos
- educación ambiental
- restauración de medios de subsistencia /impacto económico
- plan de monitoreo posterior a la construcción
- riesgos en caso de desastres/emergencia
- capacidad del personal para consideraciones ambientales

Como ítems de negociación y colaboración con los interesados (Stakeholder Engagement Plan), se debe planear, incluyendo por lo menos los siguientes:

- Identificación de los interesados
- Divulgación de información
- Consulta a los interesados
- Negociación y colaboración con los residentes
- Garantía
- Participación de los residentes y monitoreo
- Informe
- Régimen de gestión

Asimismo, en caso de que se genere la adquisición de terrenos/traslado de residentes, es necesario formular el marco de política de reasentamiento (RPF por sus siglas en inglés).

- Marco legal
- Responsabilidad legal
- Identificación de las personas afectadas por el proyecto
- Elegibilidad y derecho
- Valoración del suelo y bienes
- Proceso de implementación
- Consulta pública y respuesta a las quejas
- Monitoreo
- Cronograma y gastos
- Plan de acción de reasentamiento

#### **4.1.2 Desarrollo de Habilidades de Entidades Gubernamentales de Gestión Ambiental**

Como apoyo al mejoramiento de las habilidades de las entidades gubernamentales, a cargo de la gestión de las licencias ambientales, se encuentran las siguientes:

##### **(1) MADS**

Se considera el siguiente apoyo técnico para MADS:

- 1) Apoyo en la formulación de los términos de referencia para EIA

Se encuentra reglamentado en la ley 1715 (año 2014) que la formulación de términos de referencia para EIA relacionado al desarrollo geotérmico está a cargo de MADS.

Debido a que aún no existe una central de generación geotérmica en Colombia, no están formados expertos que cuenten con conocimientos técnicos de cada fase del desarrollo de generación geotérmica, desde el estudio hasta la operación. Por lo tanto, al formular los TdRs de EIA se enviarían expertos al MADS para brindar servicio de asesoramiento para el comité revisor u otros órganos sobre las tecnologías de desarrollo geotérmico y consideración ambiental en el desarrollo geotérmico.

## 2) Mejoramiento de habilidades de los funcionarios

Los sectores con necesidad especialmente de fortalecimiento para el mejoramiento de las habilidades de gestión ambiental de MADS son las siguientes, considerando la eficiencia en la ejecución de las capacitaciones relacionadas a éstos:

- Evaluación de impactos socio ambientales
- Evaluación y respuesta ante entornos vulnerables
- Conocimientos generales de impactos ambientales asociados al desarrollo geotérmico
- Conocimiento general de la subsidencia del suelo como impacto ambiental asociado a la explotación del recurso geotérmico

## (2) Corporación Autónoma Regional

Para el desarrollo de centrales de generación de electricidad a partir del recurso de energía geotérmica menores a 100MW, las Corporaciones Autónomas Regionales realizan la evaluación y emiten las licencias ambientales. Por ejemplo, la evaluación del EIA de la región volcánica del Nevado del Ruiz es realizada por Corpocaldas (Corporación Autónoma Regional de Caldas). Aunque el EIA entregado por ISAGEN se encuentra parcialmente en área de jurisdicción de CORTOLIMA: Corporación Autónoma Regional de Tolima y Corpocaldas.

Se considera que la mayoría de las problemáticas, a las que se enfrentan las autoridades ambientales de las entidades gubernamentales, se pueden solucionar con la organización del marco legal asociado a las licencias ambientales y al logro de la formulación de los términos de referencia para los EIA. El punto esencial de la organización del marco legal, asociado a las licencias ambientales, es aclarar lo siguiente:

- (a) Método para otorgar los permisos, en caso de que se crucen varias jurisdicciones gubernamentales
- (b) Respuesta en caso de que varios empresarios presenten solicitudes sobre la misma región

Adicionalmente, para el fortalecimiento de las habilidades de los encargados de las direcciones ambientales, es necesario el fortalecimiento de áreas especializadas, de igual forma al MADS, como se describe anteriormente, para lo cual se requiere la ejecución de capacitaciones, con énfasis en los encargados del gobierno central y autoridades regionales. Los probables contenidos de la capacitación serían los siguientes:

- Evaluación y atención al medio ambiente vulnerable
- Consideración ambiental en el desarrollo geotérmico en general y cada fase de

desarrollo

- Evaluación de impacto ambiental para perforación geotérmica (gases de sulfuro de hidrógeno y subsidencia, entre otros) y su medida de mitigación
- Consideración social

## 4.2 Desarrollo de las Habilidades de Estudios Geotérmicos

Como entidades que poseen habilidades de sus recursos humanos y técnicos, que realizan o con posibilidad de realizar estudios de recursos geotérmicos, actualmente, en Colombia, se pueden nombrar a SGC y la Universidad Nacional de Colombia. A continuación, se presentan las sugerencias para mejorar las habilidades de investigación de estas entidades.

### 4.2.1 SGC (Servicio Geológico Colombiano)

En los párrafos anteriores se describió sobre los órganos de la sección de desarrollo geotérmico de SGC. En la **Tabla 4.2-1** se indica la evaluación de capacidad al ejecutar estudio de desarrollo geotérmico.

**Tabla 4.2-1 Evaluación de capacidad de la sección de desarrollo geotérmico**

Ítem	Evaluación de capacidad	Anotación
Personal/órgano	La gerente de proyecto, Claudia Alfaro ha dirigido el desarrollo del proyecto. Actualmente, el equipo cuenta con 10 miembros que son expertos destacados de cada campo.	Los contratos con los expertos de SGC son anuales en su mayoría, de manera que es inestable desde el punto de vista de aseguramiento de recursos humanos.
Presupuesto/recursos	Está tratando de asegurar los recursos suficientes para los estudios.	Está asegurado el presupuesto del estudio de pozos de gradiente térmico para el ejercicio 2017.
Equipamiento	Cuenta con suficiente infraestructura de prueba.	-
Experiencia de proyecto	Cuenta con suficiente experiencia sobre el estudio de la superficie terrestre. Aún no está ejecutado el estudio de prefactibilidad incluyendo perforaciones.	Está planificado estudio de perforación de pozos en Paipa. En ello se espera capacitarse en tecnología de análisis 3D mediante entrenamiento en el trabajo

Fuente: JST

Para SGC, específicamente en el proyecto de geotermia, se han realizado dos capacitaciones organizados por JICA (2000 y 2012) en Japón, en las cuales participó la gerente de proyecto, Claudia Alfaro. Como logros de estas capacitaciones, aprendió la tendencia de desarrollo geotérmico en el mundo y motivó para el desarrollo geotérmico en Colombia. Sin embargo, ya que no pueden participar los expertos con contrato anual en la capacitación organizada por JICA, SGC señala la necesidad de aumentar número de participantes desde el punto de vista de formación de jóvenes.

SGC se encuentra realizando su propio programa para la promoción del desarrollo de recursos geotérmicos en el país.

En la siguiente tabla se describe el resumen del contenido de los sectores de posible cooperación técnica, por parte de JICA, organizado según el estudio de las encuestas, relacionadas a las necesidades de SGC (Tabla 4.2-2), entre otros:

**Tabla 4.2-2 Asuntos de Cooperación hacia SGC**

Sector de cooperación	Resumen	
Cooperación técnica	Importancia	Alta
	Período	Unos meses - 1 año (Inmediatamente)
	Resumen	Asesoramiento técnico de cada etapa del estudio de recursos geotérmicos
	Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se requiere asesoramiento técnico por parte de expertos en cada etapa del estudio de recursos geotérmicos. Sobre todo, se requiere el envío de expertos en geotermia para el análisis del modelo tridimensional de recursos geotérmicos que se planea realizar pronto (a partir de junio de 2016).</li> <li>- SGC planea un foro sobre la exploración y explotación de recursos geotérmicos, invitando a expertos en geotermia. En este foro se tratará la zona geotérmica de Paipa y se revisarán los criterios tomados en cuenta en la generación del modelo geotérmico (herramientas geológicas, geoquímicas y geofísicas utilizadas, cómo se utilizaron y cómo se realizó la interpretación).</li> <li>- Actualmente, está previsto que un experto sea invitado para el análisis del modelo tridimensional. Sin embargo, el período del envío está limitado a una semana, por lo que se desea el envío por meses para posibilitar un entrenamiento mientras se realiza el trabajo (on-the-job training).</li> </ul>
	Metas a alcanzar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En el SGC puede realizarse el análisis del modelo tridimensional.</li> <li>- Que los miembros del equipo de geotermia del SGC obtengan títulos de maestrías, y doctorados, entre otros, a través del presente proyecto</li> </ul>
Mejoramiento de habilidades	Importancia	Alta
	Período	Entre varios meses y varios años (según las necesidades)
	Resumen	Ofrecimiento de programas de capacitación sobre la geotermia para los funcionarios del SGC y obtención de títulos académicos
	Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitación fuera del país (en Japón): Casi todos los técnicos del SGC cuentan con un contrato a plazo de 1 año y como directrices del gobierno colombiano, ellos no pueden participar en programas de capacitación al exterior del país (incluyendo capacitaciones JICA en Japón). Es deseable que JICA pueda ofrecer una educación especializada en Japón al personal contratado con un mandato para que se dedique al proyecto durante más de 4 años. Además de la capacitación en Japón, pueden considerarse programas de capacitación en Islandia, El Salvador, Nueva Zelanda, entre otros.</li> <li>- Capacitación en Colombia: Para otro personal por contrato, se realizará la capacitación en Colombia para mejorar sus habilidades con misiones de expertos de terceros países. Respecto al contenido de la capacitación hay diversas necesidades que van desde los conocimientos generales sobre la geotermia hasta las áreas especializadas.</li> </ul>
Metas a alcanzar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitación fuera del país: Participar en un programa de capacitación durante un determinado período y adquirir conocimientos especiales. Es deseable obtener títulos académicos como maestrías y doctorado.</li> <li>- Capacitación en Colombia: Participar en un programa de capacitación que dure un determinado período y adquirir conocimientos especiales.</li> </ul>	
Estudio de formulación	Importancia	Alta

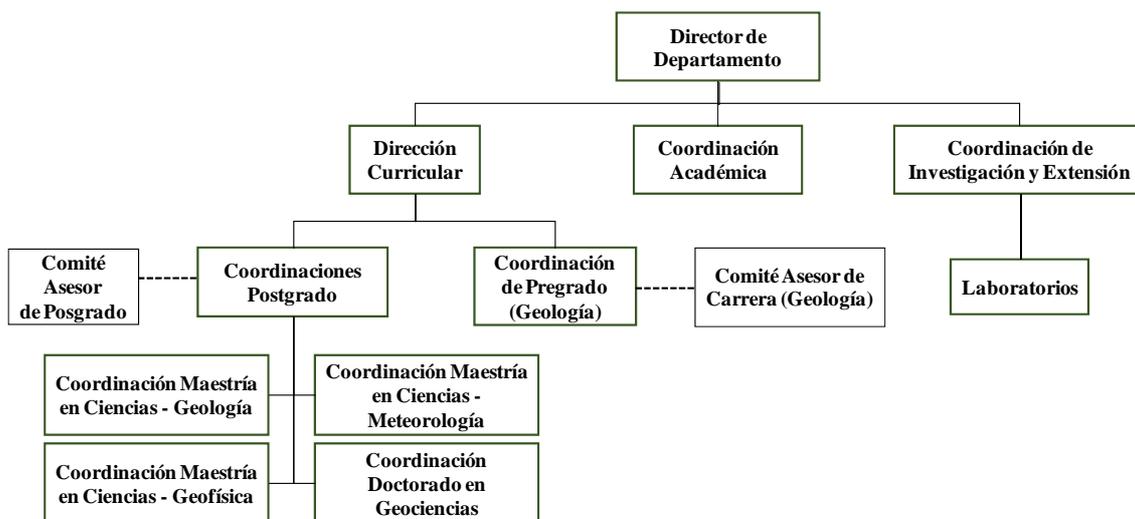
Sector de cooperación	Resumen	
Plan Maestro	Período	Aproximadamente 2 años (A partir de 2017)
	Resumen	Asistencia para la formulación del plan maestro de desarrollo geotérmico
	Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asistencia financiera y envío de expertos para la reevaluación del potencial de desarrollo geotérmico de Colombia.</li> <li>- Para la evaluación de los recursos al interior del estudio del plan maestro, se realizará, dentro de lo posible, la exploración geofísica (gravimetría satelital) mediante el método magneto-telúrico, entre otros, además del estudio geológico y geoquímico, para una evaluación más detallada de la cantidad de recursos.</li> <li>- Se incluirá la transferencia tecnológica a través de la elaboración de un modelo de evaluación detallada de recursos en el estudio de perforación de pozos que se realiza en Paipa</li> </ul> Dentro del presente estudio, se definirá el orden de prioridad de desarrollo y se elaborará la hoja de ruta de desarrollo geotérmico de ahora en adelante.
	Metas a alcanzar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluar el potencial de desarrollo geotérmico de Colombia y elaborar el plan maestro de desarrollo.</li> <li>- Estos resultados se convertirán en datos básicos de planes de desarrollo de energía eléctrica del gobierno (UPME, MME, entre otros) y al mismo tiempo se promoverá la participación de empresas privadas.</li> </ul>
Infraestructura de ensayos, laboratorios	Importancia	Baja
	Período	Unos meses – 6 meses (A partir de 2017)
	Resumen	Ordenamiento de infraestructuras de ensayos y laboratorios, formación de recursos humanos
	Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las infraestructuras de ensayos se encuentran suficientemente mantenidas, por lo cual no es necesario suministrarlas</li> <li>- Por otra parte, es necesario mejorar habilidades del personal mediante la capacitación práctica utilizando dichas infraestructuras a través de los estudios de casos de zonas de desarrollo geotérmico. Por ejemplo, puede citarse el entrenamiento sobre el método de análisis y evaluación de las inclusiones fluidas mediante el envío de expertos en geotermia. Es deseable realizar el entrenamiento junto con el estudio de perforación de pozos en Paipa.</li> </ul>
	Meta a alcanzar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las infraestructuras de ensayos del SGC se utilizan eficazmente y se mejoran técnicas de estudio para el desarrollo geotérmico.</li> </ul>

Fuente: JST

#### 4.2.2 Universidad Nacional (UNAL)

El Departamento de Geociencias de la UNAL no se encuentra realizando ningún proyecto geotérmico actualmente (mayo de 2016), sin embargo, cuenta con la experiencia de haber realizado el estudio de recursos geotérmicos de ISAGEN en la zona volcánica del Nevado del Ruiz en el año 2011. En este departamento tienen organizado un sistema que hace posible la ejecución de estudios in situ y análisis geológicos, geofísicos, y de exploración física, en relación con estudios de pre factibilidad.

A continuación, se indica el organigrama del Departamento de Geociencias (**Figura 4.2-1**). Actualmente, cuenta con una significativa cantidad de recursos humanos, tales como 35 profesores, 29 PhD, 55 estudiantes de maestría en geología, 36 estudiantes de maestría en geofísica y 431 estudiantes de pregrado.



Fuente: Elaborado por JST por entrevista al Departamento de Geociencias, UNAL.

**Figura 4.2-1 Organigrama del Departamento de Geociencias de UNAL**

En la **Tabla 4.2-3** se indica la evaluación de capacidad al ejecutar estudios de desarrollo geotérmico a cargo de UNAL.

**Tabla 4.2-3 Evaluación de capacidad del Departamento de Geociencias de UNAL**

Ítem	Evaluación de capacidad	Anotación
Personal/órgano	Cuenta con alta capacidad de investigación y gran cantidad de recursos humanos respecto a la tecnología de cada elemento como geología, geoquímica y geofísica	Cabe mencionar que no cuenta con investigador capaz de realizar interpretación integral como la evaluación de recursos geotérmico, entre otros.
Presupuesto/recursos	Depende de capacidad de financiamiento de cada profesor, ya que se financia los recursos de investigación por cada proyecto.	Es factible asociarse con las empresas.
Equipamiento	Cuenta con excelente equipamiento.	-
Experiencia de proyecto	Actualmente, no hay sala de investigación que participe en el tema de geotermia, ya que dejó de participar en el desarrollo geotérmico desde el estudio en Nevado del Ruiz.	-

Fuente: JST

Para aprovechar efectivamente los recursos humanos y equipamiento de UNAL para el desarrollo geotérmico de Colombia, se pueden tener en cuenta los siguientes temas:

**(1) Ejecución del Estudio de Pre Factibilidad**

Es posible encomendar a UNAL los estudios de geología, geoquímica y geofísica en el estudio de prefactibilidad del desarrollo geotérmico en Colombia, el cual permitirá formar expertos geotérmicos del país. Además, se puede analizar la utilización de un sistema colombiano por el cual cuando una empresa privada realiza un proyecto en asociación con UNAL el desarrollador

puede recibir tratamiento tributario favorable, mediante la certificación del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias)<sup>1</sup>.

## (2) Envío de Misiones de Expertos en Geotermia

Al formar expertos geotérmicos se requiere formar recursos humanos que se encarguen de la interpretación integral del resultado del estudio de geología, geoquímica y geofísica para formular el modelo conceptual geotérmico y evaluación de la potencia. Debido a que se necesita alto conocimiento especializado para la formación de estos recursos humanos y el actual know-how de Colombia es insuficiente, se requiere asistencia técnica de expertos extranjeros. Por ejemplo, se considera válido mejorar capacidad técnica de expertos colombianos mediante ejecución de proyectos de desarrollo geotérmico dentro y fuera de Colombia, bajo instrucción de los expertos foráneos.

### 4.3 Formulación de proyectos a pequeña y mediana escala para zonas no interconectadas

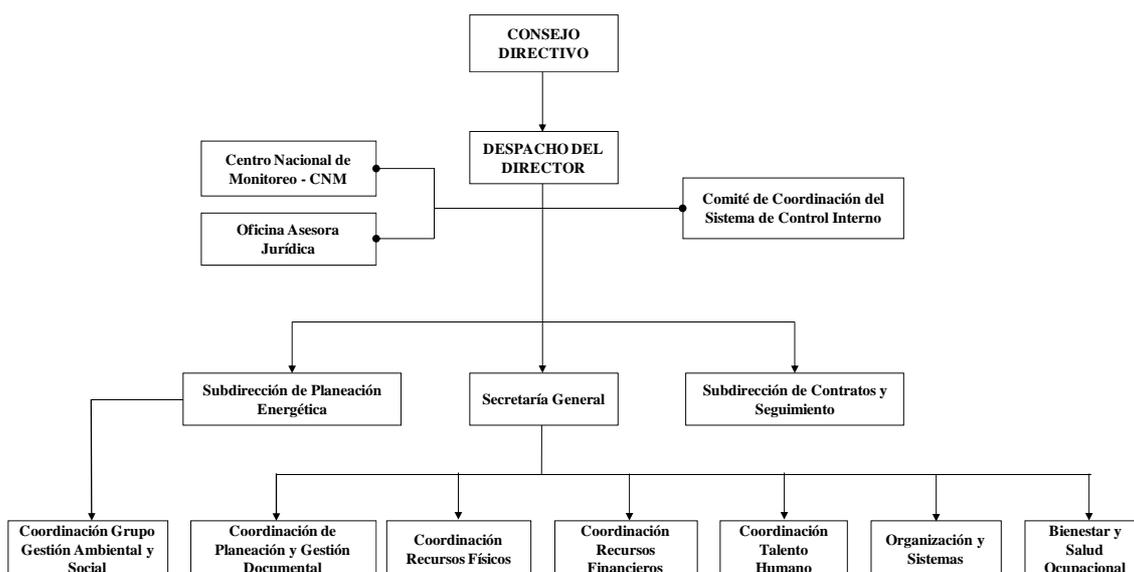
En Colombia se cuenta con una institución gubernamental que se preocupa por llevar electricidad a las zonas que, por su posición geográfica, no pueden acceder a la red nacional de transmisión eléctrica y, por tal motivo, su nivel de desarrollo es menor que el resto del país que si cuenta con esta facilidad.

La entidad que está a cargo de provisión de energía eléctrica a las Zonas no interconectadas es Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), órgano dependiente del Ministerio de Minas y Energía.

Se indica el organigrama de IPSE, en la **Figura 4.3-1, el cual** cuenta con 70 empleados. El presupuesto del ejercicio 2015 fue 57.131 millones de COP y en ello el 75% corresponde al gobierno colombiano y el 28% restante corresponde a recursos propios.

---

<sup>1</sup> El Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) es la entidad encargada de promover la innovación de tecnologías en Colombia. Cuando una empresa privada y una institución de investigación gubernamental ejercen conjuntamente un proyecto, que coincida con este objetivo, podrán obtener tratos impositivos preferenciales como los descritos a continuación, si solicitan a este departamento la autorización del proyecto y reciben tal autorización: 1) Desgravación del impuesto sobre la renta hasta el 40% como máximo. 2) Exención del impuesto al valor agregado de los artículos importados relacionados con la investigación y desarrollo.



Fuente: IPSE

**Figura 4.3-1 Organigrama del IPSE**

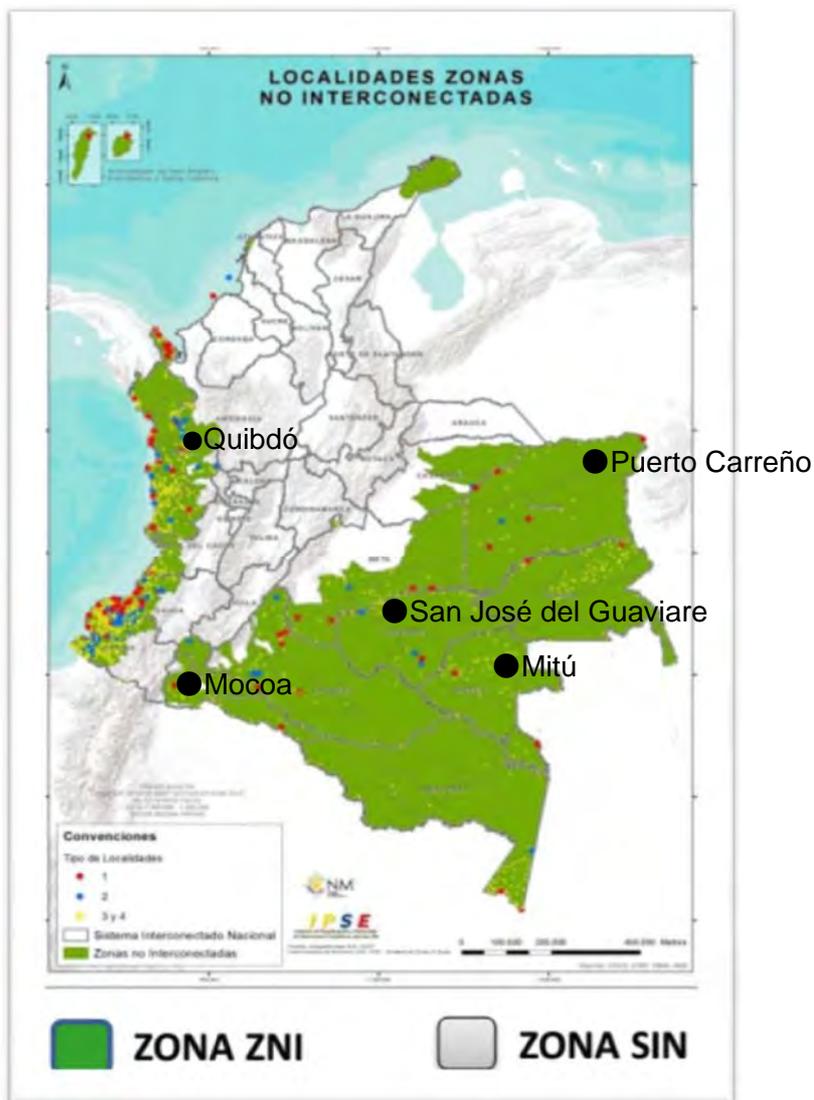
La entidad responsable de llevar electricidad a estas zonas no interconectadas es el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas – IPSE, que es parte del Ministerio de Minas y Energía – MME. La definición de estas zonas se encuentra legislada por el Artículo 1° de la Ley 855 de 2003.

Los proyectos que buscan llevar electricidad a estas zonas alejadas geográficamente son liderados por el IPSE, cuya misión es identificar, estructurar, implementar y monitorear soluciones energéticas sostenibles, con el propósito de contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades en las Zonas No Interconectadas. Tiene como prioridad las soluciones energéticas, mediante el uso de energías no convencionales.

En la **Figura 4.3-2** se indican las zonas no interconectadas de Colombia. Las zonas no interconectadas ocupan gran parte del país, incluyendo las regiones insulares como San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Estas zonas se encuentran alejadas del continente, por lo cual no es posible la conexión con la red del territorio. Las características de estas zonas no interconectadas son las siguientes:

- a) Debido a que se encuentran alejadas en términos de distancia con la zona interconectada, es baja la relación costo-beneficio de la inversión en la conexión con la red de transmisión eléctrica (SIN)
- b) Es baja la densidad de la demanda en cada zona no interconectada.
- c) Es bajo el promedio de demanda de energía eléctrica
- d) Se generan riesgos en la recuperación de la inversión debido a la baja capacidad de pago de los usuarios

A la fecha, IPSE cubre el 32% de las zonas no interconectadas, se cuenta con la capacidad instalada de 216 MWe, incluyendo los 2.6 MWe de energías no convencionales. El objetivo de IPSE no solo es llevar energía eléctrica a esas zonas, sino que la energía sea renovable, tales como solar, eólica y geotérmica.



Fuente: IPSE, 2000

**Figura 4.3-2 Zonas No Interconectadas de Colombia**

A la fecha IPSE da cobertura el 32% de las Zonas no interconectadas y su capacidad instalada llega a 216 MWe, incluyendo 2,6 MWe de la energía no convencional. A continuación, se presenta ejemplos de proyectos de generación eléctrica de energía renovable en ZNI (**Tabla 4.3-1**).

IPSE tiene como objetivo, no solamente la provisión de energía a las ZNIs, sino que ésta sea proveniente de la energía renovable como solar, eólico o geotérmico, entre otros.

**Tabla 4.3-1 Proyectos de generación eléctrica de la energía renovable en ZNI**

DEPARTAMENTO	LOCALIDAD	BENEFICIARIOS	COMPONENTE RENOVABLE (KW)	SOLUCIÓN
ANTIOQUIA	URRAO – ENCARNACION	140	55	PCH (solar)
CAQUETA	INSPECCION DE GUACAMAYAS	200	50	
CHOCO	BAHIA SOLANO	2013	1,875	
CHOCO	EL YUCAL		20	
CHOCO	BAHIA CUPICA	300	125	
CAUCA	LOPEZ DE MICAY	1100	300	
AMAZONAS	LAS PALMERAS	25	2 Kwp (solar) 3 Kw (diesel)	Híbrido de Diesel y Solar
CHOCO	TITUMATE	105	105 Kwp (solar) 124 Kw (diesel)	
GUAJIRA	NAZARETH	400	320 Kwp (solar) 307 Kw (diesel)	
SAN ANDRES	SAN ANDRES	1.200	1,000	RSU (Solar)
SAN ANDRES	SAN ANDRES		12,000	Eólico

Fuente: IPSE, 2016

A fin de promover proyectos de generación eléctrica no convencional, el gobierno de Colombia suscribió con USAID un convenio del Programa de Energía Limpia para Colombia (CCEP, por sus siglas en inglés). Mediante ello, USAID acordó un financiamiento no reembolsable hasta el 50% de los recursos de inversión necesaria con un presupuesto de 18,6 millones de dólares por 5 años. La asociación comprometida en este convenio se culminó en agosto del presente año<sup>1</sup>.

Los proyectos de generación eléctrica realizados por IPSE, bajo el marco de CCEP, son los siguientes tres proyectos de energía hidráulica de pequeña escala y un proyecto de energía solar fotovoltaica.

Como se ha mencionado arriba, los proyectos realizados por IPSE son proyectos de energía solar fotovoltaica, energía eólica o energía hidráulica de pequeña escala y todavía no hay proyectos que aprovechen recursos geotérmicos. Para introducir de ahora en adelante la energía geotérmica a las zonas no interconectadas, es necesario considerar los siguientes temas. Para tal efecto, antes que nada se requiere una asistencia técnica y financiera para la etapa de estudio de prefactibilidad.

- Evaluación del potencial geotérmico regional de las zonas periféricas no interconectadas

<sup>1</sup> <http://www.ccep.co/en/what-is-ccep/colombia-clean-energy-program>

**Tabla 4.3-2 Proyectos de energías renovables por IPSE-CCEP**

Proyecto	Capacidad	Tipo de Energía	Presupuesto	Población Objetivo
El Palmor	142 + 130 kW	Pequeña hidroeléctrica (Repotenciación)	2000 millones COP	420 usuarios
El Yucal (Nuquí – Choco)	18 kW	Pequeña hidroeléctrica	700 millones COP	426 personas (92 familias)
Arusí - Partado - Termales (Nuquí – Choco)	100 kW	Pequeña hidroeléctrica	2763 millones COP	272 usuarios / viviendas (alrededor de 1000 personas)
Parque Nacional Utría	6 kWp	Fotovoltaica	82,000 USD	Turistas, oficales del parque, operadores

Fuente: IPSE, ([www.ipse.gov.co](http://www.ipse.gov.co)), CCEP ([www.ccep.co](http://www.ccep.co))

- Estudio de factibilidad de proyectos de generación, de acuerdo con la superposición de los mapas de las zonas no interconectadas con necesidad de instalaciones de generación eléctrica y el de potencial geotérmico.
- Comparación con la conexión de otros métodos de generación eléctrica, así como la conexión al SIN
- Estudio de factibilidad

#### 4.4 Soporte Técnico y Económico para la Ejecución de Proyectos

Dentro de las empresas que estudian el desarrollo geotérmico y que están relacionadas a la energía eléctrica actualmente en Colombia se encuentran: EPM, ISAGEN y el grupo ENEL.

Tal como se menciona en adelante, para las empresas eléctricas es sumamente importante coordinar con las regulaciones y medidas de promoción de desarrollo del gobierno. Por lo tanto, se considera importante analizar la orientación de participación en los proyectos de EPM e ISAGEN, luego de que en el gobierno se delibera suficientemente sobre la manera cómo se apoya a la promoción de los proyectos geotérmicos.

##### 4.4.1 ISAGEN

En la entrevista con ISAGEN no se presenció interés activamente en una cooperación bajo el apoyo de JICA a futuro; también, fue muy poco el suministro de información logrado por parte de ellos<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Actualmente ISAGEN se encuentra estudiando el suministro de los recursos de JBIC, en conjunto con Toshiba y West Japan Engineering Consultants. Sin embargo, se piensa que es necesaria la observación de la situación a futuro, debido a que no se han visto avances en el proyecto, y a que no son aun claras las directrices del nuevo accionista

Cabe mencionar que, para ISAGEN se ejecutó en 2011 el “Estudio de factibilidad de nuevo mecanismo sobre la promoción de desarrollo de energía renovable mediante la implementación de generación eléctrica de energía geotérmica en Colombia” (ejecutor de estudio: Mitsubishi Research Institute, Inc.) a cargo de JBIC. En el referido estudio, se valoró el volumen de reducción de emisión de gases de efecto invernadero, mediante la implementación de una central geotérmica de 50 MW, en el campo geotérmico de Nevado del Ruiz y se realizó una evaluación económica que se describe en líneas inferiores (**Tabla 4.4-1**). Además, se identifica repotenciamiento de capacidad para tecnologías de operación de la central geotérmica como temas pendientes en el futuro.

**Tabla 4.4-1 Resultado de evaluación económica de la central geotérmica Nevado del Ruiz**

Temático	Ítem	Condición/Resultado
Condición básica	Capacidad instalada	50MW
	Índice de uso de instalación	90%
	Volumen de venta de electricidad anual	394,2 GWh
	Volumen de crédito	231.625 t-CO <sub>2</sub>
Balance de cuenta	Inversión inicial	167,6, millones de USD
	Costo de operación	22,38 USD/MW
	Precio unitario de venta de electricidad	100 COP/ kWh
Condición de crédito binacional	Precio unitario de crédito	10 Euro/ t-CO <sub>2</sub>
	Tipo de cambio	1,3 USD/Euro, 0,0005 USD/ COP
	Plazo de compra de crédito	10 años
Resultado de valorización	IRR (con crédito)	5,39 %
	IRR (sin crédito)	2,63 %

Fuente: JABIC, 2011

#### 4.4.2 EPM

Por otra parte, por parte de EPM, la cual demostró especialmente interés en la cooperación con JICA dentro del estudio in situ, se ha recibido el deseo de apoyo técnico e intercambio de información a través de una carta de solicitud de cooperación técnica. El contenido se indica a continuación. En éste principalmente se incluye la cooperación técnica, suministro de recursos necesarios para el estudio de factibilidad y cooperación y apoyo para la gestión de riesgos.

- a) Estudio de prospección para el desarrollo geotérmico

---

(Brookfield, Canadá) ante el desarrollo geotérmico, entre otros.

El financiamiento para la adquisición de las acciones de ISAGEN por parte de Brookfield fue realizado por Sumitomo Mitsui Banking corporation de Japón.

- b) Asistencia técnica relacionada a la perforación de pozos exploratorios
- c) Asistencia técnica en geotermia
- d) Apoyo en el modelado de recursos geotérmicos
- e) Planeación / diseño de plantas eléctricas
- f) Consideraciones socio ambientales
- g) Análisis financieros

#### 4.4.3 Grupo ENEL

ENEL Green Power, que forma parte del Grupo ENEL, desarrolla energía renovable y en Sudamérica está realizando el desarrollo geotérmico en Cerro Pavilion de Chile (el inicio de operación está previsto a los inicios de 2017. Es un proyecto de 40MW x 2). Además, en Colombia, con la iniciativa de dicha empresa, se fundó la Asociación de Energías Renovables No Convencionales (SER Colombia) para realizar intercambio de opiniones y coordinaciones con las instituciones involucradas. Sin embargo, la mencionada empresa muestra una postura de priorizar desarrollo de otras energías renovables en Colombia hasta que se consolide bien el marco legal relacionado al desarrollo geotérmico; así, desde este punto de vista, se requiere pronto mejoramiento de la normatividad relacionada al desarrollo geotérmico.

#### 4.5 Asistencia Técnica a MME y UPME

A continuación, se indican los aspectos identificados como problemáticas importantes a abordar por parte del Ministerio de Minas y Energía (MME) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), entidades encargadas de las políticas de desarrollo geotérmico del gobierno colombiano:

- a) Temas ambientales de las zonas de desarrollo geotérmico, como parques nacionales y áreas protegidas, entre otros
- b) Organización detallada de las licencias de exploración, de desarrollo geotérmico y derechos de concesión (período, proceso, condiciones y número de derechos)
- c) Sostenibilidad de los recursos geotérmicos
- d) Organización de la infraestructura (vías de acceso, instalaciones de drenaje, instalaciones base de desarrollo)
- e) Problemáticas ambientales (agua, sustancias químicas, materiales de construcción, ruidos, drenaje de agua, disposición del terreno, entre otros)
- f) Problemáticas de seguridad
- g) Problemáticas sociales

Lo anterior, concuerda en su mayoría con las indicaciones formuladas por parte del equipo de estudio de JICA en el presente informe. A pesar de que MME y UPME ya habían identificado estas necesidades, han venido atrasando el análisis de las medidas de promoción de desarrollo geotérmico en medio de correlación de prioridad con otras opciones de desarrollo.

Su principal razón está, como se indicó en el Capítulo 3, en que hasta ahora el país ha podido generar electricidad aprovechando la abundancia de sus recursos hídricos. En los últimos años,

el Gobierno Central ha venido inyectando recursos en el desarrollo de las diferentes fuentes energía renovable, como son la eólica, solar, biomasa, entre otras. Sin embargo, el ritmo del desarrollo de la energía geotérmica ha sido lento en comparación con otras fuentes, debido a su elevado costo de inversión inicial y el alto riesgo de desarrollo.

En la fase de la formulación y desarrollo de proyectos, las instituciones gubernamentales no han acumulado experiencias en el desarrollo geotérmico, por lo que no cuentan con suficientes conocimientos técnicos para la construcción de procedimientos y procesos, y para la ejecución de proyectos. Además, la intervención de múltiples instituciones constituyen un impedimento ya que los procedimientos para la formulación de proyectos, y el otorgamiento de las autorizaciones y licencias para el desarrollo, son sumamente complejos. Por ejemplo, intervienen múltiples instituciones en la evaluación ambiental, como por ejemplo el MADS, ANLA y los gobiernos subnacionales, desde su propia perspectiva, y un proyecto que cubre varias delegaciones regionales se demora en materializarse por la demora en la toma de decisiones oportunas por falta de experiencias. Dentro de este contexto, hasta la fecha no se ha concretado un proyecto de desarrollo de energía geotérmica en Colombia.

En adelante, se adicionan las consideraciones que deben ser estudiadas principalmente por el gobierno de Colombia.

Debido a las características técnicas de desarrollo geotérmico (riesgos iniciales, largo período de desarrollo, problemáticas de abastecimiento de recursos, falta de conocimiento adecuado en geotermia, necesidad de expertos, etc.), para el desarrollo en otros países se presentan casos en que, además de los esfuerzos de los donantes y empresas privadas, el mismo gobierno fortalece el apoyo; también, se espera que sea considerado el contenido de apoyo de la misma forma para Colombia. Dentro de éstos, se estima que los siguientes mecanismos podrían ser objeto de estudio como apoyo económico y estrategia de promoción. En el presente estudio se proponen, tanto al MME como a la UPME, los ítems indicados en la **Tabla 4.5-1**, como medidas futuras, y como resultado, ambas instituciones considerarán cómo promoverlos.

El gobierno Colombiano tiene el concepto de que el sector de energía debe ser administrado bajo los principios de un mercado liberalizado, de la misma forma como está siendo administrado actualmente el Sistema Interconectado Nacional (SIN). Con excepción de lo que no hace parte del SIN, se estima que las nuevas fuentes energéticas, que hagan parte del mismo, serán desarrolladas bajo esas mismas directrices. Por lo tanto, se puede decir que el gobierno no consideraría incluir políticas de subsidios o garantías por medio legislativo, diferentes a los beneficios tributarios que otorga la Ley 1715 de 2014.

Sin embargo, mientras no se ordenen las medidas de apoyo y promoción arriba mencionadas, no es posible asegurar incentivos para los agentes desarrolladores privados y así no se puede esperar mucho su participación activa. Por lo tanto, alcanzar las cifras de desarrollo de energía renovables en la política nacional parece ser difícil (100 MW para el año 2020). Es necesario revisar la realidad de la situación de desarrollo para alcanzar el objetivo geotérmico, con el fin de lograrlo en lugar de simplemente planearlo. Para tal efecto, antes de nada se debería verificar la situación actual de los planes de ejecución de los proyectos junto con los agentes desarrolladores de los actuales planes de desarrollo geotérmico y hacer esfuerzos para solucionar problemas relacionados con el cumplimiento de trabajos y cronograma. En segundo lugar, debe considerarse que los problemas que los agentes desarrolladores pueden solucionar por sí solos, serán sumamente limitados, por lo cual sería necesario continuar la discusión con los interesados y las organizaciones gubernamentales sobre cómo solucionarlos. Para tal efecto se supone la obtención de diferentes permisos y autorizaciones del gobierno (sobre todo la licencia ambiental, trámites para el desarrollo geotérmico), la respuesta técnica tales como la

realización del estudio de viabilidad y la elaboración de documentos de licitación y la colaboración con interesados locales, etc. En el tercer lugar, es importante desarrollar trabajos preparativos para la etapa de ejecución tales como contratos preliminares para la comercialización de energía eléctrica y la coordinación con organizaciones financieras.

**Tabla 4.5-1 Medidas de asistencia y promoción a MME y UPME**

Ítem	Contenido de asistencias y medidas
(a) Mecanismo de compra a precio fijo	Fijar precio de compra de energía renovable por la norma legal y construir sistema de fomento y promoción de desarrollo.
(b) Mecanismo de asignación de capacidad de generación para el logro de metas de desarrollo geotérmico	Establecer participación de la energía geotérmica en la matriz energética y su capacidad de generación para promover su desarrollo
(c) Apoyo financiero y económico para proyectos de estudios de recursos geotérmicos y proyectos para impulsar su socialización (subsidio de estudios, entre otros)	Brindar asistencia de desarrollo mediante la destinación de subsidios para los gastos de estudio y las actividades de promoción y difusión a los stakeholders respecto al desarrollo geotérmico
(d) Apoyo relacionado a estudios de perforación exploratoria	Brindar asistencia para perforación de pozos exploratorios como garantía de deudas, crédito transferible, préstamo (inversión) público(a), entre otros
(e) Apoyo financiero para la ampliación de actividades de Investigación y Desarrollo	Brindar asistencia financiera para las actividades de investigación y desarrollo de energía geotérmica como apoyo económico u otorgamiento de recursos de fomento.
(f) Mecanismo de subsidio como estrategia regional	Brindar asistencia financiera para las actividades de mejoramiento de entendimiento local sobre el desarrollo.
(g) Estudios relacionados a los derechos de posesión de recursos geotérmicos (transferencia a los fondos de fideicomiso locales, entre otros)	Canalizar los cobros por los activos de recursos geotérmicos y el uso de energía geotérmica en las zonas de comunidades indígenas para beneficiar a los nativos mediante el fondo de fideicomiso local.
(h) Apoyo en financiamiento y administración para la formación de recursos humanos	Analizar un sistema de fomento para asistir formación de recursos humanos que participen en el desarrollo geotérmico.
(i) Aseguramiento del presupuesto gubernamental para estudiar la optimización y materialización	Destinar el presupuesto del gobierno central para cubrir los costos necesarios de contratación de expertos y modificación de las normas regulatorias existentes y analizar tecnologías especializadas.
(j) Coordinación en la formulación de política para la revisión de la distribución de riesgos y costos de desarrollo con las empresas privadas	Destinar presupuesto del gobierno central para revisar la distribución de riesgos y costos de desarrollo con las empresas privadas.

Fuente: JST

En los países y regiones con antecedentes de desarrollo geotérmico, cada uno ha realizado, de acuerdo a su propia situación, un estudio de las políticas de promoción para el desarrollo de las energías renovables y, posteriormente, las han ejecutado. Por tanto, es efectivo examinar las políticas y medidas que sean consistentes con las características de la situación. Como dirección a tomar de ahora en adelante, se consideran los siguientes pasos; 1) verificar de nuevo la eficacia de las políticas actuales y reordenar las tareas para promover los actuales proyectos, 2) realizar discusiones sobre medidas adicionales incluyendo los interesados y 3) examinar la posible legislación sobre apoyo económico y medidas de promoción gubernamentales mencionados anteriormente.

Los enfoques de revisión en el futuro para el desarrollo geotérmico en Colombia, se pueden resumir de la siguiente manera (**Tabla 4.5-2**):

**Tabla 4.5-2 Enfoque para el desarrollo geotérmico en Colombia (borrador)**

Paso de ejecución		Contenido de revisión	Período
1	Reconocimiento de la actualidad e identificación de temas pendientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dado que se considera válida la participación de los sectores empresarial, público, académico y ciudadano para la revisión, analizar (además del órgano de deliberación existente) sobre la estructura más adecuada del órgano en cuestión (comité consultivo del desarrollo geotérmico).</li> <li>• Cumplir los procedimientos necesarios para iniciar la revisión como creación de comité consultivo, movilización de sectores involucrados, aseguramiento de recursos financieros, entre otros.</li> <li>• Realizar reconocimiento del avance de desarrollo geotérmico y de los temas pendientes vigentes por los sectores empresarial, público, académico y ciudadano. (Parcialmente está en marcha)</li> <li>• Reconocer validez y desafíos de las políticas para los actuales temas pendientes de desarrollo.</li> </ul>	2017
2	Análisis de temas pendientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compartir el análisis de los actuales temas pendientes con los sectores involucrados.</li> <li>• Identificar las causas de los temas pendientes y crear un reconocimiento común entre los sectores involucrados.</li> <li>• Analizar las problemáticas de políticas y normas legales actuales y sus trasfondos y razones.</li> <li>• Analizar sobre los temas pendientes de asociatividad entre stakeholders y órganos relacionados.</li> <li>• Realizar estudios y análisis sobre los logros y los casos en otros países y regiones.</li> <li>• Compartir el resultado de análisis entre los sectores involucrados y obtener comentarios y sugerencias sobre dicho resultado.</li> </ul>	2018
3	Revisión de medidas de atención	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar medidas de atención y medidas alternativas en el caso de que se determine necesario adicionar y modificar sobre las políticas y normas legales actuales con base al resultado de análisis.</li> <li>• Revisar presupuesto, fuentes de recursos, oportunidad, modalidad de administración y ejecución de recursos, en caso de que se requiera destinar recursos financieros.</li> <li>• Realizar revisión sobre modificación y creación de normas legales en el caso de que se requieran al ejecutar las medidas de atención.</li> <li>• Al formular medidas de atención, compartir nuevamente información entre involucrados para obtener comentarios y sugerencias, asimismo realizar las coordinaciones necesarias.</li> <li>• Consultar sobre las medidas de atención finalmente formuladas, a cargo del comité consultivo, con los órganos ejecutivos del gobierno central, los parlamentarios y los órganos legislativos, entre otros.</li> </ul>	2018
4	Ejecución de medidas de atención	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplir el procedimiento legal e institucional necesario para ejecutar medidas de atención.</li> <li>• Al ejecutar medidas de atención, dar a conocer ampliamente a los stakeholders mediante actividades de difusión.</li> <li>• Crear y designar un órgano y responsables para monitoreo sobre el avance de ejecución de medidas de atención y seguimiento de temas pendientes de la ejecución e informarlo a los involucrados.</li> <li>• Ejecutar atenciones necesarias como correcciones detalladas de las medidas de atención, de acuerdo a la situación.</li> </ul>	2019 - 2020

Fuente: JST

Puede considerarse que la posibilidad de realizar y promover estas medidas de apoyo y fomento depende de las futuras iniciativas. Es decir, para la promoción son importantes las iniciativas de ambas partes: por una parte, el ofrecimiento de apoyo y cooperación por parte de donantes y por otra parte, la realización voluntaria por parte del gobierno. Respecto al apoyo por parte de

donantes, como el caso de apoyo no reembolsable de BID, se promueven iniciativas relacionadas con la regulación por el gobierno y el marco legal. Sin embargo, todavía no llegan a efectuarse proyectos reales, por lo cual será necesario seguir brindando apoyo. De igual manera, aunque haya posibilidades de aplicar al GDF (Geothermal Development Facility), en la actualidad no hay donantes que planifiquen apoyar específicamente a Colombia excepto BID y KfW. Por otra parte, si bien el gobierno colombiano reconoce la importancia de las energías renovables, se considera que para efectuar iniciativas específicas en geotermia es necesario fortalecerse más. Después de las iniciativas por parte de BID, sería efectivo considerar y brindar aún más asistencia técnica y financiera de ahora en adelante, por lo cual se requiere que en JICA también se consideren asistencias factibles.

#### 4.6 Apoyo Financiero

De acuerdo al esquema de apoyo financiero de JICA, se presentan las siguientes opciones omitiendo garantías, pólizas e inversión y se centra en el financiamiento (**Tabla 4.6-1**).

##### (a) Préstamo para Políticas de Desarrollo del sector eléctrico

El Préstamo para Políticas de Desarrollo Eléctrico es un préstamo de JICA orientado al sector eléctrico. Básicamente, la asistencia se orienta a las políticas de desarrollo sectorial, y como tal, es aplicable y efectiva para la elaboración de políticas de desarrollo geotérmico, y para la prestación de la asistencia pública para atender las necesidades del sector privado de Colombia. Por otro lado, dado que la demanda de recursos para el desarrollo geotérmico se genera principalmente en el sector privado, ya que los desarrolladores son principalmente las empresas privadas, es necesario buscar la forma cómo canalizar el fondo al sector privado.

##### (b) Cofinanciamiento con el BID (CORE Scheme, financiamiento a las instituciones financieras gubernamentales, entre otros)

El cofinanciamiento con el BID puede darse en dos formas: la primera consiste en el financiamiento paralelo de los recursos de JICA y del BID; y la segunda es el aporte de fondos de JICA a los usuarios finales a través del BID. En ambos casos, es posible movilizar los conocimientos y experiencias del BID en el desarrollo geotérmico. En el caso de aportar el fondo de JICA a través del BID, es posible financiar un proyecto ejecutado por un desarrollador privado.

##### (c) Financiamiento a través del GDF (incluyendo la participación en el fondo a través del financiamiento a CAF)

También es posible financiar un proyecto de desarrollo geotérmico ejecutado por un desarrollador privado a través del GDF. En este caso, se podría aprovechar efectivamente los conocimientos y experiencias de los consultores de KfW y de GDF. Sin embargo, dado que el GDF ha sido creado recientemente y no ha acumulado suficientes experiencias en la gestión y operación de los fondos, se considera necesario dar seguimiento a sus futuras operaciones.

##### (d) Financiamiento a FENOGE

Este esquema consiste en financiar a FENOGE para que éste, a su vez, otorgue financiamiento para los proyectos de desarrollo del sector privado. Dado que los recursos de JICA son depositados en un organismo gubernamental de Colombia, es posible utilizar el esquema vigente de préstamo AOD del Japón. Sin embargo, el FENOGE no solo no ha sido creado todavía sino que además es incierto si se llega a crear. Tampoco se conocen los detalles de la operación del Fondo. Por lo tanto, se

requiere dar seguimiento al avance en la creación y operación del FENOGE.

(e) Préstamos en la modalidad del repase de recursos (two step loan) a través de las instituciones financieras públicas (FDN o Bancoldex)

**Tabla 4.6-1 Métodos de apoyo financiero**

Método de apoyo financiero	Ventaja	Desventaja
(a) Préstamo para apoyar políticas de desarrollo del sector energético	Es posible apoyar desde las perspectivas políticas <sup>1</sup> Es posible formular proyectos tomando múltiples organizaciones gubernamentales como entidades ejecutoras	Es difícil realizar apoyo financiero especificado para la geotermia, sobre todo para el desarrollo por parte de empresas privadas
(b) Financiamiento en cooperación con el BID (Esquema CORE, financiamiento a entidades financieras gubernamentales, entre otros)	Se pueden aprovechar experiencias y conocimientos del BID sobre el desarrollo geotérmico También es posible financiar a empresas privadas	Para que JICA realice políticas de apoyo originales, es necesario coordinar con la organización con la cual realice financiación
(c) Financiamiento a GDF (Incluye la participación a fondos por medio de financiación a CAF) <sup>2</sup>	KfW y CAF <sup>3</sup> , contrapartes de la cooperación, tienen conocimientos sobre la geotermia, por lo cual puede esperarse el efecto sinérgico	GDF todavía no tiene muchos resultados. Es necesario verificar el grado de madurez del esquema de ahora en adelante incluyendo el régimen de ejecución.
(d) Financiamiento a FENOGE	Es un programa de apoyo financiero del gobierno y está acorde con el esquema actual de préstamos AOD	Todavía no está establecido. Es necesario prestar atención a la tendencia de ahora en adelante.
(e) Préstamo en dos pasos por medio de una entidad financiera gubernamental (FDN o Bancoldex) <sup>4</sup>	Es un programa de apoyo financiero del gobierno y está acorde con el esquema actual de préstamos AOD	Las organizaciones ejecutoras no tienen experiencias

Fuente: JST

<sup>1</sup> El préstamo para asistencia a políticas de desarrollo contribuye a la construcción del marco para el mejoramiento de política y sistema, y promueve la reforma de los campos de asistencia objetivos de préstamo a través de ejecutar cooperación técnica minuciosa a nivel local. A través del préstamo para políticas de desarrollo se ejecuta apoyo económico para buscar mejoramientos de política y reforma del sistema en general, asistiendo a la ejecución de estrategia nacional de largo plazo y estrategia de reducción de pobreza. Existe un tipo en el cual, luego de confirmar la ejecución de los ítems alineados en la orientación de reforma a cargo del gobierno del país objetivo, se suscribe contrato de préstamo y se otorgan recursos ante sus logros y se contribuye en presupuesto del país objetivo (tipo retrógrado o *backward-looking type*).

<sup>2</sup> Es el mismo esquema que actualmente KfW está ejecutando.

<sup>3</sup> Si bien es cierto que CAF participa en el desarrollo geotérmico en Chile, parece que no cuenta con experto en geotermia interno.

<sup>4</sup> Respecto a la forma de asistencia financiera, ésta varía su aplicatividad dependiendo de la negociación sobre el clausulado de contrato de cada proyecto y el contenido de garantía del gobierno colombiano.

Éste es un préstamo en la modalidad del repase de recursos (two step loan) que consiste en financiar a FENOGE para que éste a su vez otorgue financiamiento para los proyectos de desarrollo de las empresas privadas. Dado que los recursos de JICA son depositados en un organismo gubernamental de Colombia, es posible utilizar el esquema vigente de préstamo AOD del Japón. Sin embargo, dado que el gobierno colombiano no ha acumulado suficientes experiencias en el desarrollo geotérmico, se requiere diseñar los componentes del proyecto, combinado, por ejemplo, con la asistencia técnica.

El usuario final estará centrado en las empresas privadas, que son los principales desarrolladores de los proyectos geotérmicos. Institucionalmente sería difícil otorgar préstamos directamente a empresas privadas suponiendo el esquema actual de préstamos AOD. Por lo tanto, se piensa en el suministro de los recursos financieros por medio de alguna entidad como parte de un esquema de financiación y no como un préstamo directo. El esquema de ejecución de la financiación para el desarrollo geotérmico de KfW, por medio de CAF, es una referencia. Adicionalmente, ya se mencionó el ánimo de realizar el proyecto “Contingent Grant” del BID, por medio de Bancoldex, siendo otra opción para participar en el esquema de financiación en cooperación. En este caso, se pueden considerar préstamos a empresas privadas a través de BID.

Debido a que GDF no cuenta con experiencia en la operación para financiación de proyectos, no se ha especificado el contenido de las actividades. Una vez puesto en marcha el fondo, es necesario, antes que nada, verificar si el proyecto tendrá éxito o no, si se llevará a cabo adecuadamente la recuperación de los fondos invertidos, entre otros, para comprobar si el esquema del fondo tendrá éxito. Si se puede verificar cierto grado de éxito, será efectivo considerar la participación en las actividades de GDF y el financiamiento. Por otra parte, en caso de que proyectos o el esquema del fondo no funcionen, se abstendrá de participar y financiar a GDF, verificando al mismo tiempo la dirección a tomar para el mejoramiento de GDF.

Todavía no se ha obtenido el panorama de establecimiento de FENOGE y no se han aclarado los detalles de los fondos para su funcionamiento, por lo cual es necesaria la recolección de información continua y el estudio de participación de FENOGE.

# *Anexo 1*

## *Registro de Reuniones*

A continuación, se presentan los registros de las reuniones sostenidas por el equipo JICA con organizaciones y entidades de los sectores, tanto público como privado, relacionadas con el desarrollo geotérmico en Colombia. Es importante mencionar que también se realizaron reuniones con bancos de desarrollo, tanto nacionales como internacionales, con posibilidades de aportar al desarrollo de la geotermia, tanto a través de donaciones como de préstamos.

### Meeting Memo N° 1 -JICA Colombia Office-

#### I. Overview

Name of Meeting	Kick-off meeting
Date & Time	AM9:00, Monday, April 25, 2016
Venue	JICA Colombia office
Participants (C/P)	Mr.Murosawa(Representatnte Residente), Ms.Kuraoka
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Padilla, Teramoto
Meeting Material (Distributed)	N/A (ICR was distributed in advance)
Reference Material (Received)	None

#### II. Meeting Memo

##### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview of the survey and schedule based on the ICR.

##### 2. Output of Survey

- JICA mentioned the JICA Team to propose viable technical cooperation plans. It might be difficult to actualize a plan such as installing a model plant with drilling works.
- JICA Team answered that they understand this study is not to focus on particular project to promote. Possible technical cooperation by JICA is supposed to be, for example, training course and dispatch of technical experts.

##### 3. Other Issues

- The study could also focus on how Colombian government control and manage regarding issues on license/concession and EIA process.
- JICA suggested examining the action plan and framework of UPME.

##### 4. Misc.

The JICA Team requested another meeting with Mr. Ricard Chiku and Ms.Kuraoka on 28<sup>th</sup> April in the afternoon.

End

### Meeting Memo N° 2 -Japanese Embassy-

#### I. Overview

Name of Meeting	Courtesy Call
Date & Time	AM11:00, Monday, April 25, 2016

Venue	Japanese Embassy in Colombia
Participants (C/P)	H.E. Mr. Hatanaka, Messrs. Aoki, Tsuiki, and Isshiki
Participats (JICA Team)	Ms. Kuraoka (JICA) Teramoto, Padilla, Kikukawa
Meeting Material (Distributed)	N/A (ICR was distributed in advance)
Reference Material (Received)	None

## II. Meeting Memo

### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview of the survey based on the ICR.
- Ambassador asked the situation of the ongoing projects including one by ISAGEN.

### 2. Comments from Ambassador

- The Sumitomo Mitsui Banking Corporation (SMBC) provide the back-finance for the Canadian firm that purchased the government's equity of ISAGEN. Ambassador anticipates the partnership will create a favorable environment for further mutual relationship.
- The ambassador stressed the necessity for Colombia to invest in infrastructure in general in order to develop economy. The government of Colombia now understands the increasing needs for investment. Thus the finance from the government of Japan will also have the roles to play in the development. The embassy will also seek the opportunity to realize the Japanese Yen loan.
- The embassy will consider and facilitate the assistance to the Team if necessary.

### 3. Misc.

- The Team will consult with the JICA Colombia office on the arrangement of reporting to the embassy.

End

## Meeting Memo N° 3 - Unit for Mining and Energy Planning - UPME-

### I. Overview

Name of Meeting	Presentation of the objectives and scope of the study to UPME
Date & Time	PM16:00, Monday, April 25, 2016
Venue	Boardroom UPME
Participants (C/P)	Mr. Ricardo Ramirez (Assistant Director Energy Area), Mr Henry Zapata
Participats (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	N/A (ICR and Presentation were distributed in advance)
Reference Material (Received)	None

## II. Meeting Memo

### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview of the survey based on the ICR and presentation.
- UPME is interested in promoting renewable energy from all sources.

## 2. Comments from Mr. Ramirez

- Development of geothermal energy in Colombia on three fronts:
  - Develop a regulatory system to formalize the rights of subsoil use. Carry out a contract for this purpose and the corresponding institutionality. The Government, through the Ministry of Mines and Energy, is working on this purpose
  - Development of a financial facility to help cover the exploration risk. There is a line of credit at the IDB, the first part is in a joint venture modality.
  - Knowledge of the natural resource. In 2015, Energy Resources Atlas was held in which there is no geothermal resource (it is the only one that is missing). UPME wants to know if you can still have JICA for achieving this goal, as it has been an agreement for some years.
- Colombia has for the first time, an advanced project of 50 MW, in the environmental licensing process (EIA), very significant for UPME because it would be the first geothermal project in the country. This project is being developed by ISAGEN.
- CREG has developed methodologies for firm energy generated from geothermal power. See the CREG 132 – 2014. The firm energy is a Colombian energy development, similar to charges for capacity, which seeks that generation projects give firmness to the energy sector. Within the concept of firm energy is the geothermal energy.
- He recommended including ECOPETROL in this study because they have some oil well producing hot water which can be used to install a binary cycle plant.
- Also, he mentioned that SGC has a plan to drill small diameter holes in Paipa.
- There is a novelty in the management of geological information through the EPIS (Oil Data Bank). This information is valuable to feed the geology of the country.
- Mr. Ramirez asked about the contents of the final report.
- No goals by energy sources. There are tax incentives for renewable energy.
- Mr. Kikukawa asked how this project helps you in your goals and Mr. Ramirez replied that through knowledge of the natural resource and with support in part regulatory.
- The State is neutral from a technical point of view. The development is private.
- Mr. Kikukawa asked: What conditions would have to be supported by JICA?
- There is a loan with the IDB, and have support on energy issues, through studies of technical cooperation (non-refundable).
- It is not enough with nonrefundable IDB resources for regulatory part.
- Mr. Ramirez considers that it may be easier to obtain resources with the IDB with the Japanese government.

## 3. Comments from Mr. Zapata

- It is recommended to contact and have meetings with MADS due to the development of projects in natural parks and areas of moorland (páramos), with environmental restrictions. Also, they suggest contact the regional autonomous corporations. There is a sentence from Constitutional Court, which says that the local prevail over national. Therefore, is recommended to visit both local and national entities where geothermal potential exist.

- In the Ministry of Mines and Energy, talk to Rogelio Ramirez, who is leading the group that are responsible for the formalization and use of the geothermal resource.
  - It is recommended to revise Resolution CREG 132 of 2014, by which is defined the methodology to determine the firm energy of geothermal plants.
  - Another entity that would be contacted is Ecopetrol, due to the possibility of installing a binary plant in their processes.
  - SGC, by the use of shallow drilling (slim hole), is going to improve knowledge of the Paipa area. By improving knowledge risks decrease in investment for exploration.
  - The idea is to have sustainable development in a competitive framework.
  - Assess the contributions of different energy resources, with the idea of improving security through diversification of the energy basket.
  - They wanted to get a master plan regarding geothermal energy, but there has been no fluid communication with the government of Japan.
4. Misc.
- The Team will meet again with Mr. Ramirez and Mr. Zapata on Friday, 6<sup>th</sup> of May, after coming from Medellin.

End

#### Meeting Memo N°4 – Regulation Commission of Energy and Gas – CREG (Comision de Regulacion de Energia y Gas)-

##### I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from CREG
Date & Time	PM 11:00, Tuesday, April 26, 2016
Venue	Office CREG
Participants (C/P)	Mr. José David Arias, Advisor of Regulation Office
Participats (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	N/A (ICR and Presentation were distributed in advance)
Reference Material (Received)	None

##### II. Meeting Memo

###### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview and objectives of the survey based on presentation.
- CREG referred to other entities to collect the information required for the study.

###### 2. Comments from Mr. Arias

- Based in the questionnaire sent previously, he mentioned that most of the information required can be collected in other government entities.
- He clarify that they are responsible for regulations of the energy and gas, only. And the control of the electricity market is made by others entities.
- The price of electricity is fixed by the electricity market.

- He explained how the electricity market is in Colombia.
- He explained that the government is not interested to be involved in generation investment, because by law this is a matter for private. The compromise of the government is to facilitate the process to develop projects of energy.

End

## Meeting Memo N° 5 –SGC (Servicio Geológico Colombiano)

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with SGC
Date & Time	14:00PM, Tuesday, 26 <sup>th</sup> April, 2016
Venue	SGC
Participants (C/P)	Ms. Claudia Maria Alfaro Valero, Coordinator of Geothermal Resources Exploration Group
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Padilla, Teramoto, Alcides
Meeting Material (Distributed)	ICR Presentation
Reference Material (Received)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presentation material “Recursos geotermicos de Colombia y rol del Servicio Geologico Colombiano en su exploracion”</li> <li>2. "Feasibility study report of Geothermal Power Plant for ICEL (Electrificadora de Boyacá)" elaborado en marzo de 1983</li> <li>3. “FORMATO ÚNICO DE SOLICITUD DE PROYECTO DE COOPERACIÓN de 5th June 2015” and Annex</li> </ol>

### II. Meeting Memo

#### 1. Information from SGC

##### (1) Geothermal potential sites in Colombia

- There are five (5) high prioritized systems and at least twenty (20) low to medium systems identified by the reconnaissance study by Italy in 1992.

##### (2) Exploration status of five major geothermal sites

No.	Name of System	Priority*	Geology 1:25,000	Geochemi stry	Geophysics				Model
					Gravime try	Magneto metry	GeoElectric (SEV)	MT	3D
1	Paipa	Med- high	x	x	x	x	±	x	x
2	Azufra	High	x	x	x	x	x	x	
3	San Diego	Med- high	x	x					
4	Nevado del Ruiz	ISAGEN /EPM	-	-	-	-	-	-	-
5	Tufino, Chiles	ISAGEN	-	-	-	-	-	-	-

\*: Classified by Italian study.

- SGC is not working at Nevado del Ruiz (No.4) anymore. Because private company, ISAGEN, is doing survey.
- Paipa (No.1) is assumed as the pilot site for SGC. Azufral (No.2) is the main field.
- Chiles project (No.5) has serious problem with indigenous people. Community against the project.
- For 3D model, SGC uses Geo-modeler by Australia to integrate all data to conceptual model.
- ECOPETROL had a 5 MW project plan at oil field in the past by research institution named ICP.

(3) Major tasks of SGC

SGC has mainly two tasks;

- 1) National hydrothermal map (2008), in sedimentary basins using oil boreholes data.
- 2) National inventory of surface manifestation (hot springs), which data is available from website: /hidrothermal.sgc.gov.co/
  - Information is prepared for publication and shared to public.

(4) Methodology of geothermal resource exploration of SGC

- Now SGC is trying to follow the methodology below.

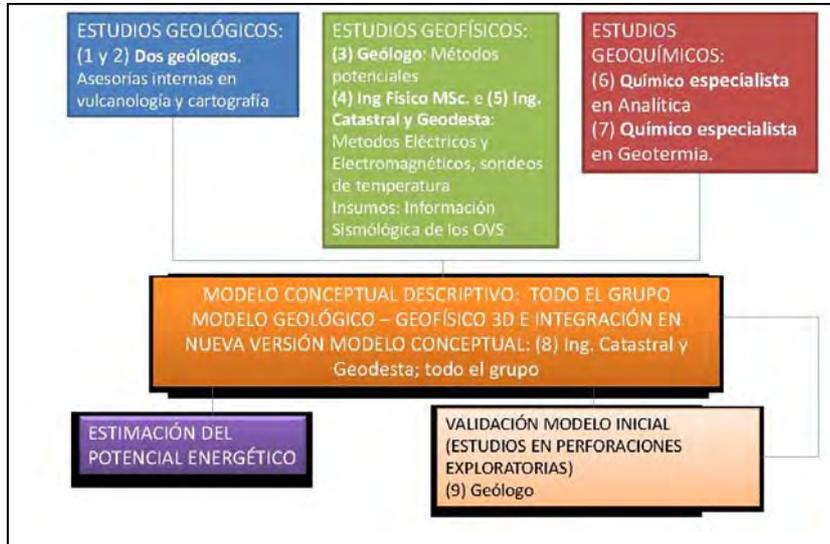


- Source: Reference material No.1, SGC, 2016
  - Drilling of three thermal gradient wells for Paipa was already approved by minister.
  - Financial source for one deep well has not yet agreed.
  - Potential estimation will be worked with UPME. They need more precise estimation.

(5) Target and schedule of

- July to Nov 2016: Interpretation into 3D model and targeting.

- From 2017: Prepare bidding of 3 thermal gradient wells and EIA
- Drilling
- (6) Organizational structure of SGC: 10 staff



- Source: Reference material No.1, SGC, 2016

2. Possible cooperation by JICA

- SGC submitted written proposal to JICA about technical cooperation last year. However the dialogue has been stopped (see reference material No.3).
- Possible cooperation and its needs are summarized as follows.

Category	Needs	Remarks
Technical assistance	High	Technical advice for each stage of methodology such as interpretation of 3D data and targeting*.
Training and Capacity Building of staff	High	Main problem is that most of staff is 1 year contract are not allowed to attend trainings.
Laboratory and equipment	Low	Need more case study, ex. Fluid inclusion.
Master Plan Study	Med	-Once considered, but disappeared due to the problem of sovereign guarantee. -Higher level resource assessment is needed in order to estimate precise potential. (not like Peru M/P) -Update of geothermal potential map would be useful to estimate whole country potential. -Update applicable technology and prioritization etc

\*: One expert is coming for one week to review data integration this year.

3. Concession matters

- a. Only environmental permission is required for geothermal exploration.
- b. No permission is needed for surface survey. But Energy direction in MME is discussing about concession now.
- c. Environmental Authorities such as Colpocaldas issue permission to explore groundwater. ANLA is a regulator.
- d. Law of Natural Resource Code from 1974 regulate hot springs:

- Hot Spring (regulated as groundwater) < 80 degree C <geothermal water

End

## Meeting Memo N° 6 -MADS

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Date & Time	9:00AM, Wednesday, 27 <sup>th</sup> April, 2016
Venue	MADS
Participants (C/P)	Ms. Karin Romero. Advisor to the Director of Environmental Affairs Ms. Maria Cecilia Concha Mr. David Fajardo, from ANLA
Participants (JICA Team)	Kikukawa, Padilla, Teramoto, Alcides
Meeting Material (Distributed)	ICR Presentation
Reference Material (Received)	N/A

### II. Meeting Memo

#### 1. Information from ANLA

- ANLA is an institution which provides technical cooperations and prepares regulations such as TOR for ESIA.

#### 2. General information of EIA

- EIA process in Colombia for energy development project is regulated in Act 99 of 1993.
- Power generation between 10 MW to 100 MW is regulated by regional authority.
- Power generation over 100 MW is regulated by ANLA.
- Power generation lower than 10 MW doesn't require an EIA, but a permit only.
- Act 1715 of 2014 Section 21 defines the geothermal issues. Also, mentions that MADS should define the TOR for environmental licenses.

#### 3. Environmental License

- Working group has been formulated since last year in order to establish the draft degree regarding license issues. The members for this working group are MME, SGC, UPME, ANLA and MADS.
- There are two licenses for 1) exploration and 2) exploitation.
- The working group have been working in a draft of a decree to establish the way to award the exploitation license in order to guaranty that the company that made the exploration, also can get the license for exploitation of the resource.
- Environmental license is valid for project life, and includes social aspects.
- With respect to EIA implementation, laboratory should be registered with certification, but not necessary for consulting firms.
- Time for approve of EIA is 90 days.

## 4. Other

- The working group has received support from IRENA by bringing experts to help on different issues.
- They recommended talking with Mr. Camilo Tautiva from UPME.
- The concession of Nevado del Ruiz has been awarded to EPM and ISAGEN, therefore, CorpoCaldas has to solve this confusion.
- They require technical assistance to train the MADS personnel involved on geothermal issues. Other specific issues to be trained:
  - How to deal with sensitive eco-systems.
  - Geothermal issues in general
  - Causes of subsidence related to geothermal exploitation.
  - Environmental Risks and social issues.
- For geothermal issues, they have moved personnel from other related departments in according to their experiences. In case there is no one available, they hire new personnel, but to do this, they have to budget for the following year.
- In Colombia there are many companies for EIA in any topic and there is no need to be certified.

End

**Meeting Memo N° 7 - DNP**

## I. Overview

Name of Meeting	Meeting with DNP
Date & Time	11:00AM, Wednesday, 27 <sup>th</sup> April, 2016
Venue	DNP
Participants (C/P)	Mr. Fabian Barbosa lebolo, Advisor, Infrastructure and Sustainable Energy Division
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Padilla, Teramoto
Meeting Material (Distributed)	ICR Presentation
Reference Material (Received)	N/A

## II. Meeting Memo

## 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview of the survey based on the ICR and presentation.
- JICA Team also explained the discussions at the meeting with UPME.

## 2. Information from DNP

- Government is currently considering the diversification of energy sources.
- The renewable energy and energy efficiency are important to address the hydrological risks.
- DNP also explained the current electricity tariff system where the strata 5 and 6 customers contribute 20% of the cost for cross subsidy.

- JICA Team asked the status of the development of Non-conventional Energy and Energy Efficient Management Fund (FENOGE).
- The decree for the fund is being prepared and expected to be issued in June 2016. The details of the fund operation are not yet decided, and the Ministry of Mines and Energy is in charge.
- The levy from the end-user (0.40 pesos/kWh) and the contribution from the external organizations will be the fund source. KfW and Bancoldex show the interest.
- Other levy is also collected for the purpose of rural electrification (ZNI; zonas No Interconectadas) The amount for this is 1.5 pesos.kWh.
- The contact person at the Ministry for FENOGE is Mr. Daniel Mendoza.

End

### Meeting Memo N° 8 – Institute of Planning for Energy Solutions for Non Interconnected Zones – IPSE (Instituto de Planificación de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas) –

#### I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from IPSE
Date & Time	PM 14:30, Wednesday, April 27, 2016
Venue	Office IPSE
Participants (C/P)	Mrs. Gloria Parga, Civil Eng. of Planning Office Mr. German Hernandez, Electrical Eng. of Planning Office
Participants (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa
Meeting Material (Distributed)	N/A (ICR and Presentation were distributed in advance)
Reference Material (Received)	Presentation of IPSE (PPT)

#### II. Meeting Memo

##### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview and objectives of the survey based on presentation.

##### 2. Comments from Mrs. Parga

- Explained that the main responsibility of IPSE is to promote energy solutions for Non Interconnected Zones by using Renewable energy.
- The activity of IPSE is regulated by the Article 11, Law 143 of 1994.
- The Non Interconnected Zones are defined in the Art 1°, Law 855 of 2003.
- She mentioned that IPSE has a total installed capacity of >216 MW mainly from diesel generator and from this only 2.6 MW from renewable energy (solar).
- At the moment, IPSE is working in cooperation with USAID since 2013 to develop renewable energy projects (solar projects). The company which is responsible to design, install and monitoring is Tetra Tech from USA.
- After the power plant is finished and tested, the same community is responsible for operation and maintenance of the equipment.
- IPSE has the geothermal resource map with the location of the villages. The map is

however developed more than 20 years ago and would need to be updated.

- Needs:
    - They mentioned the needs for training in geothermal issues, because they don't have trained people on this matter.
    - Also, they request finance support for renewable energy projects (no reimbursable funds) like grants. Or by cooperation were JICA support with a percentage of the total cost.
  - FENOGE is a fund created recently, but cannot be used so far, because the regulations is still no finished.
  - IPSE receive economic support from the General Budget of the Nation.
  - Also, they receive finance from the FAZNI, which represent 1.9 Colombian pesos of each kW paid by the final consumers. From this 0.4 Colombian pesos is FENOGE.
3. Misc.
- For IPSE the cost to install 1 kW for solar power is 7,000 USD.

End

## Meeting Memo N° 9 – MME-

### I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from MME
Date & Time	AM 10:00, Thursday, April 28, 2016
Venue	Office of MME
Participants (C/P)	Mr. Rogerio Ramirez, Head Electric Power Dept. Mr. Ulpiano Plaza, Mr. Alex Cañas, Subdirector and advisor of the Minister
Participats (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	ICR and Presentation
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview and objectives of the survey based on presentation.
- The major topic of the meeting is the government policy and vehicles to promote geothermal energy.

#### 2. Discussion

- The decree on FENOGE is not being prepared. MME expects to issue the decree in June 2016.
- There would be two kinds of financial resources for the fund: the levy from consumers and the contribution from external organizations.
- The levy will be used for projects for public entities whereas the external contribution could be used for private companies.

- The percentages for RE and EE for the fund utilization have not fixed yet. The committee will guide the fund operation of the trust fund such as priority, project selection.
- The power market is liberalized. The government would not in a position to directly invest in the geothermal project.
- Yet the policies would assist the development by private entities.
- The other major funds of the MME include PRONE (Standardization Program Electrical Networks), FAZNI (Financial Support Fund for Electrification of Non-interconnected Areas), and FAER (Financial Support Fund for the Electrification of Interconnected Rural Areas).
- The funds are awarded by a committee conformed by representatives from MME and others entities.
- ISAGEN was previously selected as the candidate of Geothermal Development Fund before the privatization. However, it is not known how the project is developed by using the fund. This fund is in revision because is no longer a public company.
- MME recognized that the clear rules and regulations will be necessary for the geothermal development. MME will look into the necessary actions for developing projects.
- With respect to the IDB project, the electricity department does not know the details. But the project started in 2014.
- Other useful information would be the resolution 045 of 3 February 2016, UPME and the decree of May 2016, the Ministry of Environment.

End

## Meeting Memo N° 10 – CODENSA (ENEL Group) – World Energy Council (WEC)

### I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from CODENSA
Date & Time	AM 08:00, Friday, April 29, 2016
Venue	Office CODENSA
Participants	Mr. Jose Garcia, Special Projects, CODENSA (ENEL Group)  Ms. Cristina Morales Rivadeneira, Associate Regional Manager, Latin America and the Caribbean, World Energy Council.
Participants (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	N/A
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview and objectives of the survey.

#### 2. Comments from Mr. Garcia

- Special Projects Division is in charge of the search for alternative generation, distribution and commercialization of energy, different from the traditional market.
  - ENEL, through CODENSA, markets and distributes energy in Bogota and Cundinamarca
  - Enel Green Power has been dabbling in renewable energy generation in Colombia, with an interest in photovoltaic and wind.
  - ENEL has not explored geothermal development in Colombia due to lack of clear rules, however there is interest about the future of this development.
  - ENEL has been conducting studies to areas not interconnected with small energy development (wind, photovoltaic and diesel), especially in Guajira and Choco.
  - They consider that there are gaps in financing the operation of energy plants in not interconnected areas.
  - He suggests to contact Azahara Lopez, who represents ENEL Green Power in Colombia, in order to know her views on the possibilities of geothermal development in Colombia.
3. Comments from Ms. Morales
- WEC wants to promote renewable energy in Colombia, especially geothermal energy.
  - WEC has carried out a couple of events in Colombia. In the second event (this year), it was created SER - Renewable Energy Society Colombia, to promote the development of renewable energy.
  - WEC are not project managers.
  - WEC is an international organization that wants to develop a sustainable energy policy, which includes geothermal energy.
  - WEC, SER and APC - Presidential Agency for International Cooperation try to pressure the Colombian government to have a clear policy on renewable energy in order to attract investment.

End

## Meeting Memo N° 11 – UNAL

### I. Overview

Name of Meeting	National University
Date & Time	10:00AM, Friday, 27 <sup>th</sup> April, 2016
Venue	UNAL
Participants (C/P)	Mr. Carlos Vargas, assistant professor of geophysics
Participants (JICA Team)	Padilla, Teramoto, Alcides
Meeting Material (Distributed)	ICR Presentation
Reference Material (Received)	Technical papers

### II. Meeting Memo

#### 1. Information from UNAL

- There are three professors in this moment doing research with regard to geothermal, such as geophysics, magmatic volcanology and geochemistry in geoscience department out of forty-

two professors.

- Prof. Carlos Vargas is now focusing topics on sedimentary basins, geothermal gradient of medium-low enthalpy from oil exploration fields.
  - Prof. Carlos Zuluaga and Prof. Jhon Jairo Sanchez are more focusing on magmatism and volcanism.
2. Research scheme
- Tax deduction: If a company has a project with National Research Institutions such as UNAL and SGC, approved by Colciencias, they can get tax deduction of about 60% (see Colciencias website: <http://www.colciencias.gov.co/node/1259>). Companies pay less tax and get tax credits for investing in the generation of new knowledge through Scientific Research Investment + Technology Development + Innovation
  - Previous ISAGEN study was performed using this scheme.
3. Capacity
- Human resource:
    - There are human resources in geology, geochemistry and geophysics which are needed for geothermal exploration.
    - However there are not enough projects and job opportunities for them.
  - Equipments
    - Enough analysis equipments in good conditions and with enough analysis abilities.
    - X-ray etc...
  - Universities in Colombia
    - There are some state owned universities in Colombia. A few of them may have departments of volcanology and so on (e.g. Universidad de Caldas, and may be UIS).
  - International partnership
    - Every professor has his own contacts with other overseas universities.
  - Services to others
    - The Lab offers services to anyone who demand it, as Lab analysis of samples for geology.

End

**Meeting Memo N° 12 – Integral**

## I. Overview

Name of Meeting	Meeting with Integral
Date & Time	10:30 AM, Tuesday, 2 <sup>nd</sup> May, 2016
Venue	Integral
Participants (C/P)	1. Ms. Beatriz Hernandez A, Directora de Gestion y Estudios Ambientales 2. Ms. Maria Paula de ala Boche B, Directora de Mercadeo 3. Ms. Eliana Canora 4. Mr. Juan Luis Cadavid R., Gerente de Energia y Aguas
Participants (JICA Team)	Kikukawa, Padilla, Teramoto, Alcides,
Meeting Material (Distributed)	ICR Presentation
Reference Material (Received)	•

## II. Meeting Memo

1. ESIA survey for Nevado del Ruiz project by ISAGEN
  - a. Integral has been working for ISAGEN project in terms of environmental license for EXPLORATION stage including 5 exploration drillings pre F/S in 2011-2013.
  - b. Integral submitted comprehensive ESIA study to ISAGEN in 2015 to get environmental license for EXPLORATION and EXPLOITATION including production and reinjection wells, water supply, construction of 50MW power plant and relative civil works.
  - c. Surface survey may be implemented without environmental permission, as long as no significant environmental impact is expected, just needs area permits from land owners (300m gradient wells were drilled without environmental license in Nevado del Ruiz in 2011).
  - d. Not significant environmental impact is assumed from the project. Major possible environmental impacts revealed from ESIA study are Noise, Air quality and Water.
  - e. Social issues should be more important for geothermal projects.
2. Possible cooperation from JICA
  - a. UPME may need technical advice on geothermal development process.
3. Relative Regulations
  - a. Ley 99 de 1993
  - b. Decreto 1076 de 26 Mayo 2015 (pg 194)

End

**Meeting Memo N° 13 - Regional Autonomous Corporation of Caldas - CORPOCALDAS-**

## I. Overview

Name of Meeting	Presentation of the objectives and scope of the study to CORPOCALDAS
Date & Time	PM14:30, Monday, May 02, 2016
Venue	Boardroom NIPPON KOEI LACK (Medellin) - Videoconference
Participants (C/P)	Mr Andres Fernando Ramirez Baena (Evaluation and Monitoring - Energy Projects)
Participats (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	N/A
Reference Material (Received)	None

## II. Meeting Memo

## 1. Overview of Survey

- JICA Team member Saul Padilla explained overview of the survey based on the presentation.
- CORPOCALDAS must decide on which company is responsible for the exploration and exploitation of the geothermal field in the Valley of Las Nereidas.

## 2. Comments from Mr. Ramirez Baena

- CHEC - EPM obtained a geothermal exploration license in 1994 to an area in the Valley of Las Nereidas. Such license established three small fixed drilling areas. In 1997, a well was drilled, which was dry. The license is still in effect.
- Decree 1076 of 2015 is related to environmental laws of Colombia, and establishes that power generation projects, below 100 MW and above 10 MW, will be evaluated by the autonomous regional corporations.
- EPM-CHEC have the idea of generating 25MW production per well, they were assigned terms of reference for the preparation of an EIA in order to drill a second exploratory well. Have the advice of Dewhurst Group, they have made magneto-telluric in recent years.
- ISAGEN explorations began in 2008 in the Ruiz Volcanic Massif, and presented an Environmental Impact Study for exploration, use and exploitation, including areas in the Valley of Las Nereidas (Caldas) and Herveo (Tolima).
- ANLA started reviewing the document, but not evaluated. Finally, the file was sent to Corpocaldas.
- Since, ISAGEN requests in a single EIA, exploration areas in two departments, ANLA must define which of corporations, including Corpocaldas and Cortolima, is the most competent to review the EIA.
- The areas requested by EPM and ISAGEN, are not only sectors in the Parque Los Nevados, but also correspond to areas of Forest Reserve (according to Law 2 of 1959); therefore, must be requested a permit for forest subtraction, which is being managed by ISAGEN, but not by EPM.
- Corpocaldas has suggested that EPM and ISAGEN should get together sometime.

- The government must define a master plan for geothermal energy in Colombia.
  - Due to the nature of the environmental license, EPM must make an EIA whenever going to drill a new well, with new terms of reference.
  - What Corpocaldas needs is the following:
    - Legislation of other countries in cases of overlap
    - How to Build a master plan
    - How to deal with environmental issues related to geothermal development.
3. Comments from Mr Padilla
- How is the situation between EPM in ISAGEN, with respect to the area in the Massif Volcanic Los Nevados, so it will not happen again?
  - Caldas could undertake its own master plan in the field of geothermal energy, and be the example for others.

End

## Meeting Memo N° 14 – ISAGEN

### I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from ISAGEN
Date & Time	AM 09:30, Tuesday, May 03, 2016
Venue	Office ISAGEN
Participants (C/P)	Mr. Luis Alberto Posada, Research and Development Manager Mr. Julian Echeverry, Civil Engineer Ms. Eleana Mejía, Geologist Mr. Javier Méndez,
Participants (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	N/A
Reference Material (Received)	

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview and objectives of the survey based on presentation distributed during the meeting.

#### 2. Comments from Mr. Posada

- He required more explanation about our mission, especially about the relationship of JICA and UPME for this project. He wanted to know who had the initiative to do this work. The JICA´s team explained about it.
- He mentioned that the main barriers to develop the geothermal energy in Colombia are related to:
  - **Not enough technical knowledge.** He considers that the entities responsible to manage and/or to make the laws and regulations need training on geothermal

issues, especially on environmental and social aspects.

- **Training on environmental and social aspects.** He mentioned that the environmental minister, license authority and regional environmental authority have not enough knowledge on this issues and they are the responsible to evaluate the IEA. This is something that delay the new projects or the project presented to request the license.
- **He recommended reviewing the following documents:** Decree 2811 – 1974, Law 99 – 1993 and Decree 2041 – 2014.
- **Finance Aspects:** He considers that is necessary finance support for the exploration stage, where the major risk is present.
- **Support** from cooperation agencies, like JICA or others multilateral banks.
- **Competition with other energy source.** He mentioned that hydro and coal are the main competitors of geothermal development in Colombia. Since these kind of resource is cheaper in the country, then geothermal energy has to be cheap, in terms of cost for each kW generated.
- **Social Aspects.** This issue has more occurrence where there are indigenous village. The project has to deal with the leader of the tribe and has to demonstrate the benefits of geothermal energy. This problem is more common in the project with Ecuador.
- The Interest rate to evaluate and compare projects of the company is higher than the interest rate they had before was sold to the Canadian company.
- Inflation of country is other value that has to be considered. The exchange currency rate is a big aspect that affect the geothermal projects.

End

## Meeting Memo N° 15 – EPM

### I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from EPM
Date & Time	AM 09:30, Tuesday, May 08, 2016
Venue	Office EPM (Medellin)
Participants (C/P)	Mr. Julian Lopez Palacio, Project Manager Mr. Carlos Nicolas Zuluaga Valencia Mrs. Elizabeth Mesa Munera Others
Participants (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Alcides
Meeting Material (Distributed)	ICR (ppt)
Reference Material (Received)	Presentation: Nereidas Valley Geothermal Project

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview and scopes of the survey based on presentation distributed during the meeting.

## 2. Comments from EPM

- They explain that EPM is a group of different companies and has presence in several countries and manage different business: electricity, water, gas and management of solid waste. In the electricity generation is CHEC, which is the responsible to manage the geothermal project.
- Presentation of Julian Lopez:
  - The division of CHEC depends directly from the municipality of Medellin.
  - CHEC operate 7 power plants, mainly hydro, and this represent 1.6% of the national installed capacity and EPM has 23.8% of the total installed capacity.
  - At moment, CHEC/EPM, operate a wind power plant and their interest is to continue increasing the install capacity on renewable energy resources.
  - As a public company EPM can access to finance support from cooperation agencies like JICA, either for grants or loans with the approval of the government.
  - CHEC have found that in Nevado Del Ruiz there is a high potential for geothermal development and, also, in the whole Los Andes range. The prefeasibility study was supported by a small fund from USTDA.
  - EPM comments that the government is considering other types of incentives in order to support the development of renewable energy (wind, solar and geothermal).
  - In 1994 CHEC got the environmental license to drill depth wells in the Nereidas Valley. In 1997, a depth well was drilled.
  - After drilling, CHEC keep the license for some years waiting for the better economic conditions of the company and expecting for more support from the government for this kind of energy. In 2009 EPM created a team work to start the project again.
  - In 2013 and 2015, EPM/CHEC received economic support from USTDA to do surveys in the geothermal area. These surveys were made by Dewhurst.
  - The results of the surveys are now in revision. For this, EPM/CHEC is in negotiation with LaGeo from El Salvador.
  - After the review, they expect to start the process to drill. Therefore, at the same time, they are evaluating offers for IEA for 3 depth wells in order to be ready to drill.
  - At moment there are not specific regulations for the exploitation of the geothermal resource.

## 3. Others

- In 2004 the license included very basics requirements for environmental issues and for some specific drilling sites.
- The ToR for IEA used for the new wells are based on ToR from oil and mine

industries. But they look good for this case. And they did not included the IEA for the power plant because they cannot fix an exact place for the surface installations (power plant, pipeline and steam separator station).

End

## Meeting Memo N° 16 - UPME-

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with UPME
Date & Time	10:30AM, Friday, 6 May 2016
Venue	UPME Office
Participants (C/P)	Mr. Ramirez, Mrs. Marcela Bonilla, Mr. Henry Zapata
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Teramoto, Padilla, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	Agenda, Modification of Legal
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Finance

- UPME mentioned that any kinds of subsidy and financial intervention by the government will be not acceptable to the Colombian government. There shall be no subsidies for electricity generation by geothermal.
- FIT will also be difficult to the related parties in Colombia. They have not considered it so far.
- There are several options for funds to develop geothermal projects. Two main options: a) Through Japanese Government or JICA, and b) through another finance fund, for example IDB.

#### 2. Environment & Social Considerations

- There is no a fiscal regime for exploration and exploitation of geothermal resources.
- The licensing for exploration and exploitation by the Ministry of Environment does not provide the approval for the power generation (connection right to national grid line). The use of geothermal resources and power generation will need a separate concession.
- However, the government of Colombia has not been equipped with the necessary legal provisions for the purposes.
- There is a working group from several governmental entities to define the ToR for the environmental licenses in every stage of the geothermal projects. Also, this group is working to regulate the licenses in natural parks and indigenous settlements.
- Social issues should be regulated by Ministry of Interior and Ministry of Environment.

#### 3. Major concerns for UPME

- How to improve knowledge on geothermal resources
- How to develop a fiscal regime for licensing (resource access rights) for geothermal exploration and exploitation as well as ToRs.

- How to get assistance from Japanese Government or JICA to develop terms of reference to regulate exploration and exploitation of geothermal resources.
  -
4. Draft Recommendation
- UPME wishes to have the following activities in a JICA assistance
  - ✓ Draft legal documents for licensing and concession for geothermal
  - ✓ Capacity development on geothermal development
  - With respect to the assistance for legal and regulation, JICA Team will coordinate with BID since they have ongoing geothermal project in Colombia.

End

### Meeting Memo N° 17 - KfW Germany-

#### I. Overview

Name of Meeting	Interview with kfw
Date & Time	11AM, Monday, 9 May 2016
Venue	Teleconference
Participants (C/P)	Jens Wirth
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Teramoto, Padilla, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	GDF presentation

#### II. Meeting Memo

##### 1. GDF

- The application of GDF contingent grant is basically one project for one country. The applicants can be private, public or PPP. (ISAGEN and EPM could compete.)
- The operation in Latin America will start in October this year.
- There are no needs for counter-guarantee for financing.

##### 2. FENOGE

- KfW provide the technical assistance for preparing the documents for FENOGE.
- The funding allocation for energy efficiency and renewable energy has not been fixed yet. However given the situation of geothermal development in Colombia, the application for geothermal power development would be at a later stage.
- The government capacity to run the fund could be an issue.

##### 3. KfW Operation

- KfW would basically require a sovereign guarantee but some projects could take the counter-guarantee by other parties such as MIGA.
- GDF is one of the vehicles to avoid the issue.
- KfW's operation for geothermal in Colombia is looked after from Germany.

## 4. CAF related

- KfW is collaborating with CAF for GDF financing scheme.
- However KfW does not have a cofinancing arrangement with IDB.

End

**Meeting Memo N° 18 -Bancoldex-**

## I. Overview

Name of Meeting	Meeting with Bancoldex
Date & Time	9AM, Tuesday, 10 May 2016
Venue	Gerencia Flujos Globales Office
Participants (C/P)	Doris Arevalo Ordoñez, Lina Fernanda Baldrich Oviedo
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Padilla, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	None

## II. Meeting Memo

## 1. Agreement between Bancoldex and IDB

- To assist developers of geothermal energy projects in Colombia
- The resources that support the program comes from CTF (Clean Technology Fund)
- About 9,500,000 USD
- Nonrefundable resources contract, contingent recovery
- If there is no success, the money is returned to CTF
- The program is in design phase (It will be ready by the end of 2016)
- It is expected to mitigate some of the risk in the early stages of exploration, taking some losses in the event that the well resulting unsuccessful, or moving resources to other wells in case of success.
- It will be the first non-refundable program by Bancoldex.
- It resembles more a technical cooperation than to a credit
- No money in advance, only is provided a commitment letter
- 10-year program
- Public and private companies are in equality of conditions
- About \$ 500,000, would be additional resources, for regulatory framework (technical assistance), which would be allocated to environmental authorities in case they need it.

## 2. JICA could make loans through the IDB, however the costs would rise because of the intermediaries.

## 3. Other Bancoldex credit lines for renewable energy

- Energy efficiency for hotels, clinics and hospitals

- Almost in execution phase (1<sup>st</sup> of June 2016)
  - 10,000,000 USD from CTF
  - Trough IDB
  - Reimbursable resources
  - Nonconventional energy sources in areas that are non-interconnected
    - Market study phase
    - 9,365,000 USD from CTF
    - Trough IDB
    - Reimbursable resources
  - Incorporation of clean technologies in the integrated public transport system in Bogotá
    - In execution
    - 40,000,000 USD from CTF
    - Trough IDB
    - Reimbursable resources
4. Natural Markets for Bancoldex
- Private companies of manufacturing, services and trade

End

## Meeting Memo N° 19 -Financiera de Desarrollo Nacional-FDN

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with FDN
Date & Time	11AM, Monday, 16 May 2016
Venue	Meeting room FDN
Participants (C/P)	Marcela Ochoa Bernal, International Affairs Director
Participants (JICA Team)	Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. About FDN

- Development bank with mixed capital (multilateral and government), which is specialized in infrastructure.
- Board composed of IFC (World Bank), CAF, SUMITOMO, and the government.
- Energy, especially renewable, is one of the strategic sectors for FDN. It is a sector in which FDN wants to focus in the coming years.

#### 2. FDN and economical support for renewable energies

- FDN has identified some market barriers to the development of renewable energy
    - At regulatory level (Regulatory changes should be made for the development of renewable energy by making them economically viable)
    - There is a problem of market concentration (three companies dominate the market). The idea is to have new players.
    - MME should have a greater role in the development of renewable energies.
  - FDN has a working group with UPME, CREG and MME, also with ISAGEN and XM.
  - FDN, through the World Bank, is bringing energy auction experiences of other countries (Peru, Mexico, South Africa and India), in order to make special auctions for renewable energy, with the idea that prices of renewable energy be lower.
  - FDN is applying for resources from CTF, through World Bank, to create a guarantee fund for renewable energy projects (also, as experience from Peru, Mexico, South Africa and India).
  - FDN is looking with Canada, having pre-investment funds for prefeasibility and feasibility studies, with non-reimbursable loans (5,000,000 USD), without interest, in order to promote clean energy. FDN would have a quota of 100,000,000 USD to move in the Colombian market.
  - FDN is helping to move the regulation.
  - FDN wants to help make a financial closure, to meet the goals of the UPME to reach certain percentages of renewable energy in the future regarding the current energy basket.
  - FDN's role is to mobilize actors, funding sources and promote regulatory changes (the pretention is to be a catalyst for development of renewable energy).
  - FDN, based on studies by UPME, believes that the cost-benefit analysis, after hydropower, wind and solar energy have good prospects. Geothermal energy, although has much more firmness, has high exploration costs, so it would require subsidies for studies. Moreover, transmission costs are high for renewable energies in general.
  - FDN has no interest in ZNI.
  - FDN has interest in SIN as it is also interesting for private sector.
  - FDN, with UPME and DNP, try to propose a program of efficient power transmission for renewable energy developments.
  - FDN identifies coal as an enemy, given the large reserves of this mineral and low energy production costs. There are pressures from various sectors for there to be expansion in coal. However, due to the use of coal, which is polluting, FDN anticipated that the country could be penalized internationally, for failure to goals related to reduction of emissions, something that has already been felt in other countries. Cooperation agencies would divert resources to other countries.
  - There would be trouble in the social part and land ownership in areas where it could present a renewable energy development (additional risk).
3. FDN business lines
- Technical and financial structuring of projects, APP projects (Public Private Partnerships) with public origin.

- Finance business. FDN provides financial products to leverage projects. FDN participates with no more than 30% per project, with the idea that other banks come to finance.
- FDN makes loans for large infrastructure projects over 50,000,000 USD. Loans to the consortium, the sponsors, the dealer.
- IDB and CAF possibilities for pre-feasibility studies.
- Expecting to have a green credit line for projects associated with renewable energy, towards the end of the year
- As a development bank, the rates are very competitive, Financing in pesos.
- No projects with CAF.
- Group of 12 people for renewable energy by the FDN, due to it would be many projects to evaluate in the future.

FDN is keen to contribute to the study of JICA

End

## Meeting Memo N° 20 - ENEL-SER

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with ENEL - SER
Date & Time	4:30 PM, Tuesday, 17 May 2016
Venue	Business Development Manager Office
Participants (C/P)	Azahara Lopez, Business Development Manager Colombia & Ecuador
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. About JICA project

- Mr. Kikukawa explains the objectives of this project and that there are two possibilities for JICA with respect to geothermal development in Colombia:
  - Technical assistance
  - Loans for private and public companies

#### 2. About ENEL Group in Colombia

- The ENEL Group operates three subsidiaries in Colombia:
  - EMGESA, which is the country's second generator and is in charge of conventional power generation (hydro and thermal).
  - CODENSA is a distributor and marketer of energy

- ENEL Green Power is power generator only with renewable energies
  - EMGESA and CODENSA have a local partner such as EEB (Empresa de Energia de Bogota)
3. ENEL Green Power
- Incorporated subsidiary in Colombia since 2012
  - ENEL Green Power is fully integrated ENEL Group, since January 2016, which has a line of business as it is renewable energies (wind, solar, geothermal, biomass).
  - ENEL Group generates 10,000 MW in renewable energy worldwide, of which 900 MW correspond to geothermal energy.
  - ENEL Group is currently building the first geothermal project in South America, Cerro Pavilion in Chile, which will come into operation in late 2016 or early 2017. The project has two stages, each of 40 MW.
  - ENEL Group is closely related to JICA and have experts in geothermal energy.
  - Why ENEL Group is not developing geothermal energy in Colombia?
    - Because Colombia does not have a regulatory framework for the development of this technology (there are no concessions for geothermal exploration exclusively)
    - The time development of a geothermal project are longer than for other energy.
  - ENEL group carried out a seminar in Bogota, last year, on geothermal energy, in company with the Javeriana University and collaborates with the National University in a Master on Energy.
4. SER - Renewable Energy Society of Colombia
- SER was created to bring together all the companies related to renewable energy in Colombia (generators, technologists, consultants, and developers)
  - 25 companies at the moment.
  - Board of 9 members
  - The aim is to achieve a diversification of Colombia's energy matrix, and that renewable energies become part of this matrix.
  - The only company of the association that is related to geothermal energy is ENEL
  - SER invites JICA to join the association
  - Three commissions:
    - Technical-regulatory
    - Environmental and social
    - Communications
  - The first task is to get a homogeneous licensing process for renewable projects, with unified character.
5. Cost of geothermal generation in Colombia
- More than the price of power generation, development of renewable energy is stagnant because there are no long term power sale contracts. Energy prices are highly volatile.

- Any renewable energy can enter Colombia's energy matrix
- Renewable energies will not be developed by the 1715 Act. It helps, but it is not enough.
- Colombia's energy policy is designed for conventional energy only.
- The two mechanisms can coexist: Charge for reliability and long-term contracts
- Charge for reliability would make that geothermal energy were very competitive due to the firmness. This does not happen with solar or wind.

End

## Meeting Memo N° 21 –CAF

### I. Overview

Name of Meeting	CAF Meeting
Date & Time	9:30AM, Thursday, 19 <sup>th</sup> May, 2016
Venue	Telephone
Participants (C/P)	Mr. Alejandro Peña
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Alcides
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Information from JICA

- JICA Team explained the objectives and goals of the JICA survey, particularly financing for geothermal projects.
- #### 2. CAF activities in Colombia
- GDF & KfW loan: The two parties signed the loan contract. The KfW lend 350 million euro (250 mi. for geothermal and 100 mil. for urban transport). The geothermal component expects to finance the geothermal projects in Latin America including Colombia.
  - The loan is a part of the GDF scheme and expects to function as the financing lines for power plant construction.
  - The loan operation therefore will be combined with the contingency grant operation in GDF.
  - KfW is not going to directly finance those geothermal projects. KfW is going to lend money to CAF y CAF is going to finance geothermal projects (private companies), partially with money lent by KfW, with an insurance by Munich Re.
  - The surface study and exploration drilling of the projects would be partially funded initially with GDF grant resources. The capacity drilling and power plant construction can be financed by the CAF loan, which would be used to pay back 80% of the grant and continue drilling after the first three wells.
  - JICA could have a similar financing scheme with CAF.
  - CAF has also geothermal project in Chile and is interested in the Colombian market.
  - JICA Team explained the overview of the findings of the field survey so far.

## 3. Others

- CAF did not know the FENOGE and IDB grant geothermal project. JICA Team will send the relevant information in public domain.
- CAF is interested in collaborating with JICA and requested the JICA Survey report once it is out. The JICA Team explained that JICA HQ would share the report with CAF.

End

**Meeting Memo N° 21A – Dewhurst Group Bogota**

## I. Overview

Name of Meeting	Dewhurst Group Meeting
Date & Time	9:30AM, Tuesday, 24 <sup>th</sup> May, 2016
Venue	Hotel Holiday Inn - Lobby
Participants (C/P)	Mr. Sebastian Vargas, Mr Jonathan Hernandez
Participants (JICA Team)	Kikukawa, Alcides
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	None

## II. Meeting Memo

## 1. Information from JICA

- JICA Team explained the objectives and goals of the JICA survey.
2. Dewhurst Group activities in Colombia
- They were EPM advisors for geothermal exploration. Specifically, up to Phase II. It was not only advisory, also they support EPM with technical assistance in field and its subsidiary CHEC (geophysical model, reservoir model, well design, among others).
  - Dewhurst Group are advisors and consultants, based in Colombia. They have had relations with government entities and private companies, other consultants and academic institutions.
  - They have managed non-refundable loans, from the government of the United States (USTDA), for the development of geothermal energy in Colombia.
  - They have supported the Ministry of Mines and Energy, through CREG, by making the methodology to determine the firm energy for geothermal plants.
  - Their main office in Latin America is located in Manizales. Also, they have an office in Bogota and two offices, including HQ, in USA. Although, they also have representatives in Santiago (Chile) and Mexico City (Mexico).
  - They have trying to train CHEC and EPM on thinking more like New Zealander or American developer.
3. Dewhurst Group and GDF
- Dewhursts Group was selected as a fund manager for GDF in Latin America
  - The first disbursement for the first year will be for 50 million Euros in January 2017
  - About 1 billion USD for 10 years, 11 countries (Costa Rica, El Salvador, Nicaragua, Honduras, Guatemala, Colombia, Ecuador, Bolivia, Peru and Chile).

- The idea is to do surface exploration or drilling exploration with production size (Phases I and III).
  - They are not going to pay for feasibility studies.
  - Financing through KfW fund.
  - IDA Fund Management, LLC (Interlink Capital, Inc., Dewhurst Group, LLC, and Ambata Capital Partners) will serve as fund managers under the supervision of KfW.
4. Others (JICA Team thinking)
- JICA may put money in GDF. The reason is because in Colombia is not easy to have a direct loan (government to government loan)
  - If JICA put lending operation, also put technical assistance as well. As a part of the loan, there is a technical study component.
5. Misc.
- The Team will meet again with Dewhurst Group in Manizales, on Thursday, 2<sup>nd</sup> of June.

End

**Meeting Memo N° 22 – MME-**

## I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from MME
Date & Time	AM16:30, Thursday, May 31, 2016
Venue	Office of MME
Participants (MME)	Mr. Rogerio Ramirez, Head Electric Power Dept. Mr. Ulpiano Plaza
Participants (JICA Team)	Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	Chapter 4 of the Final Report Draft
Reference Material (Received)	None

## II. Meeting Memo

## 1. Overview of Survey

- JICA Team explained items from Chapter 4 (Recommendations to promote geothermal development in Colombia).

## 2. Comments from MME

- Organization of the legal system related to environmental licenses
  - Definition of geothermal resources and their rights of possession, which is something the MME is looking at whether it should be defined by area or quantity, and also ensure legal stability, in the sense that who explores can explode.
  - The closure of an exploration license should be simple, if not going to continue with it.
  - At the moment, MME advances in relation to the first four items (definition of geothermal resources and their rights of possession, organization of license types, authority issuing

- the license types and method of decision of the licensing authority).
- The MME not yet addresses the issues license period and method of establishing areas for development.
  - Elaboration of the Terms of Reference for assessment studies of socio-environmental impacts
  - This item is being developed by MADS and ANLA, and it shall be the basis for policy and regulation.
  - A document will be generated with geothermal energy policy and another document with its regulation.
  - The policy should define how to integrate this type of resource, due to its different uses (electrical energy, heating, thermal water, etc).
  - The information resulting from the exploration and exploitation of geothermal reservoir must be shared by developer agent with the SGC, in order to have a knowledge of reservoir management. This information will be treated confidentially.
  - Development of skills in governmental entities for environmental management
  - Worktable (or committee) led by MME, is working on the definition of concepts and terms for regulation. A meeting per month, 2 hours every time.
  - MME recognizes that the process with the worktable (led by MME), in terms of policy and regulation, is slow.
  - There is still no clarity on the division by areas for exploration and / or exploitation of the geothermal resource.
  - It is known of about 17 areas with geothermal potential in Colombia
  - Skills development of geothermal studies
  - MME considers that environmental studies for plants generating between 10 and 100 MW is under evaluation on what authority should evaluate them. This range is regulated for hydro and there is no complete certainty that can cover other types of energy.
  - MME considers that in the decree to be generated, it must be defined to SGC as the entity that manages geothermal country information and who will advise the ministry itself.
  - Technical assistance to MME and UPME
  - MME requires the assistance of an expert on geothermal energy and another in regulation so that they contribute to the worktable, through UPME.
  - MME not see very viable mechanism having geothermal power purchase at a fixed price.
  - FENOGE
  - Regarding FENOGE, it is in a transition due to the change of minister. The new minister must first learn everything about this fund before approving it
3. Misc.
- It is pending arrange a meeting with Lawyer Daniel Mendoza, who is in charge of FENOGE

End

**Meeting Memo N° 23 - Regional Autonomous Corporation of Caldas - CORPOCALDAS-**

## I. Overview

Name of Meeting	Meeting with Corpocaldas
Date & Time	AM 09:00, Thursday, June 02, 2016
Venue	Boardroom CORPOCALDAS (Manizales)
Participants (C/P)	Mr Andres Fernando Ramirez Baena (Evaluation and Monitoring - Energy Projects) Mr. Luis Alfonso Botero
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	N/A
Reference Material (Received)	None

## II. Meeting Memo

## 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview of the survey and ask for information about licensing process. Finally, JICA team explained some recommendations for the geothermal development in Colombia.
- CORPOCALDAS not been officially notified (by ANLA) of its competence to assess the ISAGEN EIA (Los Nevados)

## 2. Comments from CORPOCALDAS

- According to the Act 2811 of 1974, Article 56, permits for study have a duration of up to 2 years, extendable, and applicants will have priority over other applicants during this time. Exclusivity for two years to study the area.
- CORPOCALDAS has an internal resolution (Resolution 098 of 2009) for processing the permits, based on Articles 56, 57 and 58 of Act 2811 of 1974. Also, this resolution states, and according to Decree 1220 of 2005, that it is necessary to obtain an environmental license before the Autonomous Regional Corporation for the construction and operation of power generating installations, with capacity greater or equal to 10 MW and smaller than 100 MW. However, this resolution is related to hydraulic generation.
- The developer can send a letter, if desired, to the corporation, in order to find out if it is necessary an Environmental Diagnosis of Alternatives (DAA), for the project in mind, before performing an Environmental Impact Study (EIA). This is also based on Decree 1076 of 2015 (MADS), which is the compilation of all regulations related to licensing.
- The permit for study is not a requirement. The permit would be an initial stage of a study, if desired.
- The DAA would not be very common for a geothermal development as such. However, it could be used for road project alternatives.
- As an alternative it may be the failure to carry out the project. For each alternative should be performed a matrix impact assessment.
- The corporation will decide on the most viable alternative for the project and will provide the terms of reference for the preparation of EIA. The EIA is carried out for the chosen alternative.

- The licenses may be granted up to 50 years.
  - Can be requested a modification license at any time.
  - There is a fear of how the installation of a geothermal plant could affect the habitat of the condor of the Andes in the Los Nevados.
  - The environmental licensing process begins with the submission of the Environmental Impact Assessment (EIA).
  - The geothermal resource has not been evaluated for its potential to the country. It would be the purpose of a master plan on geothermal energy in the country.
  - In Colombia, the purpose of the regulations is to promote the use of non-conventional energy sources (Act. 1715 of 2014).
  - In Colombia, the nation would be owner and manager of the geothermal resource (water vapor), since it is a subsoil resource. However, it not specifically mentioned in the regulations about who is the owner of the geothermal resource.
  - Hydro generation pays royalties (transfers) to the municipalities involved and the respective autonomous regional corporation (6% of sales for hydro, 4% for thermal).
  - The authority for environmental assessment is given by the generation, according to Decree 1076 of 2015. The generation will be based on calculations by the user, according to his preliminary studies.
  - There are licenses for exploration, exploitation or global (both for exploration and for exploitation).
  - The concession, in the sense of operating the geothermal plant, would be given by the MME. However, there is no connectivity with the licensing of environmental part.
  - There is what is called the "right turn", which is that, the first to present the complete documentation shall have the right over the area, exclusively, by the period of the project.
  - For licenses for exploration there is no a certain period, while for exploitation licenses can be up to 50 years. For exploration the term is given by the schedule proposed in the respective EIA.
3. What Corpocaldas needs is the following:
- Training and practical knowledge

End

### Meeting Memo N° 24 -IDB-

#### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with IDB
Date & Time	2PM, Monday, 6 June, 2016
Venue	IDB HQ Office
Participants (C/P)	Shohei Tada
Participants (JICA Team)	Kikukawa

Meeting Material (Distributed)	Presentation Material, Draft Recommendation
Reference Material (Received)	None

## II. Meeting Memo

### 1. IDB Project

- IDB HQ does not directly manage the grant project on geothermal in Colombia. Thus the details can be found at the local office.
- IDB understands that the power plant development in Colombia is not easy. The major issues and findings of JICA Survey are also shared with IDB.
- IDB has also looked at the progress of GDF.

### 2. JICA Coordination

- JICA Survey Team reported the unsuccessful meetings with the IDB Colombian office. The questions have been sent to the IDB Colombian office.
- IDB and the JICA Survey Team agreed to keep the information exchange

### 3. Colombian Context

- The market has been liberalized and the functions of the government are limited particularly on the investment.
- JICA Team however finds the roles of the government to facilitate the investment and ensure the implementation of the generation development plan.

End

## Meeting Memo N° 25 -Dewhurst-

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with Dewhurst
Date & Time	4PM, Tuesday, 8 Jun 2016
Venue	Dewhurst Office
Participants (C/P)	Warren Dewhurst, Alan Beard, Jozsef Szamosfalvi
Participants (JICA Team)	Kikukawa
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	None

## II. Meeting Memo

### 1. EPM Project

- Dewhurst is the consulting firm to carry out the USTDA-funded study for EPM, as well as the fund manager of GDF.
- Dewhurst expects that EPM could mobilize the fund for the next phase of the project.
- The environmental licensing issue was discussed, but the discussion did not find the solution to resolve the conflicting application by the two companies.

### 2. GDF Fund

- GDF fund intends to start the operation early next year. GDF hopes to have other

donors join the operation.

- KfW fund would be used firstly for the risk mitigation operation. The loan with CAF will be used for the construction of the power plants in the future.
- Kikukawa requested Dewhurst to keep informed of the development and operation of GDF.

### 3. MME/UPME Support

- Dewhurst mentioned that IDB fund may be able to use for the capacity development for MME/UPME. Kikukawa requested Dewhurst to share the progress of the development since JICA may also consider the component.

### 4. FENOGE

- Dewhurst was not aware of FENOGE. Information was shared with Dewhurst.

### 5. CAF

- The operation team of energy of CAF may move to Colombia in the near future. (just information from them.)

End

## Meeting Memo N° 26 – MADS-ANLA

### I. Overview

Name of Meeting	Share recommendations from Chapter 4 with MADS & ANLA
Date & Time	AM16:30, Thursday, June 9, 2016
Venue	Office of MADS
Participants (MME)	Ms. Maria Cecilia Concha - Directorate of Environmental Affairs, MADS  Mr. David Fajardo - Branch of Instruments, Environmental Permits and Procedures; Regionalization Group; ANLA
Participants (JICA Team)	Molina Padilla, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	Chapter 4 of the Final Report Draft
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained items from Chapter 4 (Recommendations to promote geothermal development in Colombia) and ask for the process to obtain an environmental license in Colombia.
- 2. Comments from MADS and ANLA with respect to Concessions, Licensing process and authorities.
  - Geothermal energy in Colombia is considered as a virtually contaminant alternative energy
  - The range of installed capacity for electricity generation and defining the competence of

the environmental authority, is part of Act 99 of 1993 (Articles 51st, 52nd and 53rd), Decree 2041 of 2014 and Decree 1076 of 2015. The range of installed capacity for electricity generation, and which defines the competence of the environmental authority, is part of Decree 2041 of 2014 and Decree 1076 of 2015. This means that for virtually polluting energy projects, with installed capacity greater than 100 MW, the granting of the license will be by ANLA, while for projects between 10 and 100 MW will be granted by the autonomous regional corporation.

- The worktable, led by MME, promotes the use of the geothermal resource, although sustainably. The role of promoter corresponds to MME, according to Act. 1715 of 2014, Article 21<sup>st</sup>. The same article refers to MADS as the entity that defines the environmental parameters to be met by geothermal projects.
  - The social component of projects in Colombia is quite strong and, additionally, the location of geothermal projects in reserve area or natural parks are aspects to consider for the development of each project. The social problems in the country would be related to the lack of government presence in the regions.
  - Regarding environmental licenses, they are issued by the environmental authority (ANLA or CAR), as appropriate, and their regulation is given by Decree 2041 of 2014 and Decree 1076 of 2015, which compiles environmental regulations in general.
  - Regarding geothermal energy, environmental authority grants permits for use and exploitation of the resource, because it is a renewable resource; however, who regulates the activity is the MME, because it is an activity for energy production.
  - From the environmental point of view, there are concessions to exploit certain resource, such as water, which would be a form of permission to use the water, issued by the environmental authority, and will be included in the environmental license. However, there would be another type of concession, the concession of the geothermal field, which would be held by the MME, because energy production is the ultimate goal. This figure of the concession of the geothermal field has been discussed in the worktable.
  - On the worktable, the competences of the different actors regarding the development of geothermal energy in Colombia, have become clearer.
  - The use of non-conventional renewable energy sources (FNCER) corresponds to the MME. The environmental authority is only in charge of controlling the environmental impact of resource use.
  - Productive activities belong to sectors and in this case the productive activity is electricity generation; therefore corresponds to the energy sector (MME).
  - Transfers of the hydroelectric and thermal energy are defined (for municipalities and regional autonomous corporations); however, transfers for geothermal energy are not defined.
  - The environmental authority cannot grant the concession of the field. That is something that could only do MME or whom it delegates and should be at the beginning of the process, as with oil or mining.
  - MADS already decided in favour of Corpocaldas as competent CAR to resolve the issue of ISAGEN.
3. Comments from MADS and ANLA with respect to Chapter 4
- With respect to item 4.1.1, the worktable was established to define the general legal framework for geothermal development in Colombia and not for the environmental

licensing.

- On environmental licensing, it is something that only corresponds to MADS and the ANLA. Still have to define if two licenses (exploration and exploitation) are or not required, although the decision is almost taken in favour of two licenses. However, the priority must be the concession of the field.
  - The environmental license is granted for the life of the project (Decree 1076 of 2015).
  - For the assessment of impacts associated with geothermal development, in most current terms of reference (draft), several aspects are considered such as the management of non-condensable gases, among others.
  - With respect to the terms of reference, ANLA made the first proposal, then who adopts the terms of reference is the MADS.
  - Complement the flowchart on environmental licensing and sector involved, with information of the National Environmental System (SINA), and other entities (National Parks and Ministry of Interior).
4. Mr. Molina Padilla asks for projects under 10 MW, especially for non-interconnected zones.
- Environmental licenses are designed for activities with serious impacts on the environment.
  - MADS and ANLA will assess the status of projects with less than 10 MW to determine whether they warrant an environmental license or just with permits is enough. Technical assistance would be required to support this point.
  - The lower limit was modified from 3 to 10, with the aim of promoting and facilitating the entry of non-conventional energy to the country.
5. Interest in request technical assistance from JICA
- There is interest in requesting technical assistance from JICA and they would ask for the procedure and the possibility of doing so in conjunction with MME, define the issues to apply, etc.

End

**Meeting Memo N° 27 – SGC**

## I. Overview

Name of Meeting	Sharing recommendations from Chapter 4 with SGC and clarify aspects related to Committee (working groups) for Environmental and energy sectors.
Date & Time	16:00, Thursday, June 16, 2016
Venue	Office of SGC, Geothermal Project
Participants (MME)	Ms. Claudia María Alfaro Valero, Geothermal Project Manager
Participants (JICA Team)	Molina Padilla, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	Chapter 4 of the Final Report Draft
Reference Material (Received)	None

## II. Meeting Memo

## 1. Overview of Survey

- JICA Team explained items from Chapter 4 (Recommendations to promote geothermal development in Colombia) and ask for the process to obtain an environmental license in Colombia.
- 2. Comments from Claudia Alfaro with respect to the working groups.
  - The working groups were formed in the wake of the gaps present in regulatory matters to develop geothermal energy in Colombia.
  - At the moment, there is a leadership of the Committee by the Department of Electric Power of MME.
  - Little by little, it has been identifying the actor of each process step for geothermal development.
  - She considers that the current project scope, within the SGC, would not be ideal for defining exploration areas or polygons; since a knowledge of the resource in depth (physically) is required, complementing the current characteristics through more detailed geothermal models (including the geophysical part). Therefore, SGC could not define concession areas for geothermal energy, and could not fulfil that function and she believes that is not theirs.
  - There is awareness on the committee about the need to grant the concession of a geothermal field before proceeding with environmental licenses.
  - It is considered that the ultimate goal of the working groups is to generate a decree on the regulation framework for geothermal energy, the draft of which would be evaluated by at least one international expert who had worked in both exploration and development.
  - With regard to working time, the working groups had set a goal of 18 months, which would take about one more year to finish (they have held 6 meetings to date).
  - This would be an opportune time to help the working groups.
  - SGC must remain with their technical role (exploration to an intermediate stage of prefeasibility and generating valuable or useful information for investors) and not be the entity that grants concessions for the fields. SGC must be the part that supports the entity in charge of concessions.

- The licensing authority must be aware of all the problems that may occur. It is planned how to resolve disputes over common areas.
  - Working groups have considered the possibility of granting a transitional regime for the actors who came first (e.g. EPM and ISAGEN), with a preferential right.
  - The National Mining Agency - ANM is considered as an option for granting concessions.
  - It is considering the establishment of a technical committee to assess the feasibility information, to evaluate the models and monitoring them, for which a great technical strength is required about reservoir engineering, which is not yet neither at SGC, nor at the university.
3. Comments from Claudia Alfaro with respect to SGC and geothermal development in Colombia
- From geothermal project SGC, 7 papers were presented during World Geothermal Congress 2015.
  - The SGC has information on geology and springs since 1982 (much of the geothermal fields would be characterized in this way) and would like to complement it with regional geophysics.
  - From UPME, there is interest in making a map of geothermal potential for Colombia, as well as a master plan on geothermal energy. It is considered feasible to obtain international aid for these projects.
  - Previously, advisors have been requested to JICA (from energy sector).
  - SGC has 4 magneto telluric instruments.
4. Comments from Claudia Alfaro with respect to Chapter 4, Table 4.2-1.
- With respect to item 1) technical cooperation, the dates correspond to a panel discussion on Paipa geothermal system, which can be ignored. The need for cooperation is broader and includes advice on all subjects and in all tools (geology, geochemistry, geophysics), also in the methodology of integration of information for generating models, and learning on experiences abroad. The strengthening is also required in formal education (masters and doctoral degrees, among others) for geothermal team members from SGC.
  - As an example SGC has this year a panel with experts from the real world (both exploration and exploitation) will take place, in order that they review the criteria taken into account in the generation of Paipa geothermal model (geological, geochemical and geophysical tools that were used, how was used each tool, how the interpretation is being done). Six experts are coming this year.
  - With respect to item 2), since the employment status of most members of geothermal project in SGC is not stable, what chance would have for JICA to privileging them for formal studies in Japan? Given that these people have been linked to the project for at least 4 years.
  - With respect to item 3), change the title of the item by "testing infrastructure" or "Availability of laboratories".
  - With respect to item 4), change the importance level to high.
  - Paragraph 2 (item 4), remove MT (magneto telluric) and include satellite gravimetry (not terrestrial).

- Include at the end of item 4), technical assistance for modelling the potential of detail, of the Paipa geothermal system, as the final stage of the master plan for the system.
- 
- 5. Mr. Molina Padilla comments
  - On projects under 10 MW, especially for non-interconnected zones, usually, large geothermal developments start with less than 10 MW projects, which then are extended.
  - The conflict between EPM and ISAGEN, in the area of Valle de Las Nereidas, should be handled in exceptional way and independently of the rest of the country, in order to avoid such conflict will delay developments in other areas of the country.

End

### Meeting Memo N° 28 - Unit for Mining and Energy Planning - UPME-

#### I. Overview

Name of Meeting	Sharing recommendations from Chapter 4 with UPME
Date & Time	14:30, Wednesday, May 29, 2016
Venue	Boardroom UPME
Participants (C/P)	Mr Henry Zapata, URE <sup>1</sup> team and Alternative Sources
Participants (JICA Team)	Aguirre
Meeting Material (Distributed)	Chapter 4 of the Final Report Draft
Reference Material (Received)	None

#### II. Meeting Memo

##### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained items from Chapter 4 (Recommendations to promote geothermal development in Colombia) and ask for a feedback from UPME.
- UPME has an interest in this study because there will be more reviews and recommendations for geothermal development in Colombia.

##### 2. Comments from Mr. Zapata on number 4.1.1 Organization general legal framework

- In the most recent meeting of the working table someone mentioned a possible agreement between UPME and JICA for the study JICA is doing. The issue was clarified by claiming that UPME has the interest to be informed about this study, that currently there is no agreement and that this study is carried out independently by JICA in order to have their own references.
- Regarding the working groups, experts now are geo-professionals from SGC, and their

---

<sup>1</sup> Rational and Efficient Use of Energy

experience is more related to geo-scientific studies; they have conducted surface prospection with some perforations. Of course, most specialized experts in geothermal energy are required to cover all topics (drilling, construction, operation, development financing geothermal project).

- For working tables, some aspects of the oil sector have been taken into account as a base because of similarities with geothermal energy exploration and development, although there are very specific aspects for geothermal energy industry.
- As for the contract (concession), in the sector of oil and mining exist exploration and exploitation contracts, and such contracts must establish all aspects: Activities, the geographical boundaries of concessions, times, complying policies, among others.

### 3. Comments from Mr. Zapata on number 4.5 Technical assistance to MME and UPME

- Many projects with socio-environmental problems in Colombia
- The following expression is inadequate: "Except what is part of the off grid electrification, it is estimated that new energy sources, which are part of SIN, will be developed under the same guidelines (liberalized market)". For the government it has been beneficial to leave to the market the new generation needs. In generation, investors identify opportunities and develop projects. In the case of transmission, the signals provided by the government are not indicative but mandatory (the government identifies needs), carries out public tenders, which are open. It all starts with a need identified by the government.
- UPME performs cost-benefit assessments, a specific type of generation for the national grid and demand.
- The state has promoted alternative energy through Law 1715, taking advantage of tax deductions to pay.
- To the extent that new sources of generation are competitive, they are entering the energy basket.
- Hydroelectric generation in the country has had the advantage of low costs and has been a resource in which the country is rich, but problems arise in times of drought. However, new hydroelectric developments begin to have problems and environmental restrictions.
- Tax exemptions of the Act 1715 are strong and advantageous, and help the financial closure of renewable energy projects.

### 4. Additional comments

- On the institutional side, it is necessary to define the roles of different government entities: Who does what? Especially in relation to the granting of geothermal fields (contracts). What is required for the execution of contracts and control over them? There will be possibility of technical assistance on these aspects?
- This study could make recommendations for FENOGE in relation to standards for its operation or references of similar funds.
- FENOGE can be a good tool if properly managed.

End

## *Anexo 2*

## *Referencias*

ACOLGEN – Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica (2016). Cómo funciona el sistema eléctrico nacional. En línea: <http://www.acolgen.org.co/index.php/sectores-de-generacion/como-funciona-el-sistema-electrico-nacional#xm> (Consulta: Junio de 2016).

CONELC – Consejo Nacional de Electricidad (2013). Perspectiva y expansión del sistema eléctrico ecuatoriano, Vol. 3, Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022. En línea: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol3-Perspectiva-y-expansi%C3%B3n-del-sistema-el%C3%A9ctrico-ecuatoriano.pdf> (Consulta: Junio de 2016).

CREG – Comisión de Regulación de Energía y Gas (2010). El mercado eléctrico colombiano. Presentación. En línea: [http://www.creg.gov.co/phocadownload/presentaciones/mercado\\_electrico\\_colombiano.pdf](http://www.creg.gov.co/phocadownload/presentaciones/mercado_electrico_colombiano.pdf) (Consulta: Junio de 2016).

CREG – Comisión de Regulación de Energía y Gas (2016). Características del Mercado Mayorista. En línea: [http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/mercado\\_mayorista/caracteristicas\\_generales.htm](http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/mercado_mayorista/caracteristicas_generales.htm) (Consulta: Junio de 2016).

CREG – Comisión de Regulación de Energía y Gas (s. f.). ABC Cargo por confiabilidad. En línea: [http://www.xm.com.co/Promocion\\_Primer\\_Subasta\\_de\\_Energia\\_Firme/abc2.pdf](http://www.xm.com.co/Promocion_Primer_Subasta_de_Energia_Firme/abc2.pdf) (Consulta: Junio de 2016).

Decreto N° 2811. Diario Oficial N° 34.243, Bogotá, Colombia, 18 de diciembre de 1974.

Decreto N° 1541. Diario Oficial N° 35.078, Bogotá, Colombia, 21 de agosto de 1978.

Decreto N° 3686. Diario Oficial N° 45.409, Bogotá, Colombia, 19 de diciembre de 2003.

Decreto N° 2820. Diario Oficial N° 47.792, Bogotá, Colombia, 5 de agosto de 2010.

Decreto N° 3573. Diario Oficial N° 48.205, Bogotá, Colombia, 27 de septiembre de 2011.

Decreto N° 1076. Diario Oficial N° 49.523, Bogotá, Colombia, 26 de mayo de 2015.

FEDESARROLLO (2013). Análisis costo – beneficio de energía renovables no convencionales en Colombia. Documento preparado para WWF. En línea: <http://www.accc.com/catalogos/ACyCC%20Analisis-costo-beneficio-energias-renovables-no-convencionales-en-Colombia.pdf> (Consulta: Junio de 2016).

GARCÍA, F. & CAMACHO, E. (2016). Tendencias recientes de la oferta y demanda de energía en Colombia. Observatorio Económico Colombia. BBVA research. En línea: <https://www.bbvarsearch.com/wp-content/uploads/2016/02/Documento-Final-Matriz-Energetica.pdf> (Consulta: Junio de 2016).

GONZÁLEZ-LONGATT, F. (2007). Capítulo 1, Elementos de sistemas de transmisión, Curso Líneas de Transmisión I. En Línea: [http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/LT\\_1/Cap1LT1-2007.pdf](http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/LT_1/Cap1LT1-2007.pdf) (Consulta: Junio de 2016).

IPSE – Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (2014). Soluciones energéticas para las zonas no interconectadas de Colombia. Presentación. En Línea: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/742159/09C-SolucionesEnergeticasZNI-IPSE.pdf/2871b35d-eaf7-4787-b778-ee73b18dbc0e> (Consulta: Mayo de 2016).

ISA-Intercolombia (2016). Transmisión de energía eléctrica. En Línea: <http://www.intercolombia.com/Negocio/Paginas/transmision-energia-electrica.aspx> (Consulta: Junio de 2016).

Ley N° 99. Diario Oficial N° 41146, Bogotá, Colombia, 22 de diciembre de 1993.

Ley N° 142. Diario Oficial N° 41.433, Bogotá, Colombia, 11 de julio de 1994.

Ley N° 143. Diario Oficial N° 41.434, Bogotá, Colombia, 12 de julio de 1994.

Ley N° 697. Diario Oficial N° 44.573, Bogotá, Colombia, 03 de octubre de 2001.

Ley N° 855. Diario Oficial N° 45.405, Bogotá, Colombia, 18 de diciembre de 2003.

Ley N° 1333. Diario Oficial N° 47.417, Bogotá, Colombia, 21 de julio de 2009.

Ley N° 1715 Diario Oficial N° 49150, Bogotá, Colombia, 13 de mayo de 2014.

MARZOLF, N. (2014). Emprendimiento de la energía geotérmica en Colombia. Convenio BID-ISAGEN. 86 p.

Persona física o natural, (s. f.). En *Wikipedia*. Recuperado el 24 de junio de 2016 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Persona\\_fisica](https://es.wikipedia.org/wiki/Persona_fisica)

Persona jurídica, (s. f.). En *Wikipedia*. Recuperado el 24 de junio de 2016 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Persona\\_juridica](https://es.wikipedia.org/wiki/Persona_juridica)

Resolución CREG 025 de 1995. En línea: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-1995-CRG95025> (Consulta: agosto de 2016)

SGC – Servicio Geológico Colombiano (2016). Recursos geotérmicos de Colombia y rol del Servicio Geológico Colombiano en su exploración. Presentación, Cátedras de Sede 2016-1, Jorge Eliécer Gaitán, Recursos Minero-energéticos, medio ambiente y agua, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

UPME – Unidad de Planeación Minero Energética (2013). Sistema de transmisión nacional eléctrico colombiano. Presentación. En línea: [http://www.upme.gov.co/Memorias%20Convocatoria%20Redes%20de%20Alto%20Voltaje/UPME\\_Alberto\\_Rodriguez.pdf](http://www.upme.gov.co/Memorias%20Convocatoria%20Redes%20de%20Alto%20Voltaje/UPME_Alberto_Rodriguez.pdf) (Consulta: Junio de 2016).

UPME – Unidad de Planeación Minero Energética (2014). Plan indicativo de expansión de cobertura de energía eléctrica 2013 – 2017. Bogotá, 72 p.

UPME – Unidad de Planeación Minero Energética (2015). Plan energético nacional Colombia: Ideario energético 2050. Bogotá, 184 p.

UPME – Unidad de Planeación Minero Energética (2015). Plan de expansión de referencia, generación – transmisión 2015-2029. Bogotá, 616 p.

UPME - Unidad de Planeación Minero Energética (2015). Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia. Revisión octubre de 2015. Subdirección de Demanda, UPME. Bogotá, 43 p.

UPME - Unidad de Planeación Minero Energética (2016). Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia. Revisión junio de 2016. Subdirección de Demanda, UPME. Bogotá, 55 p.

XM (2016). Informe de operación del SIN y administración del mercado. En línea: <http://informesanuales.xm.com.co/2015/SitePages/operacion/Default.aspx> (Consulta: Junio de 2016).