



*Actualidad y
experiencias en
geotermia*



Agenda

- 1. Contexto Empresarial**
- 2. Principios y aplicaciones de la geotermia**
- 3. Desarrollo en Colombia**
- 4. Logros**
- 5. Retos**

CONTEXTO EMPRESARIAL

1. Contexto Empresarial

“Generar energía inteligente y prosperidad para la sociedad”



Nuestro deber es ser rentables y crear valor económico, *pero no de cualquier manera*

Y hacer un claro aporte al *Desarrollo Social y Protección Ambiental.*

1. Contexto Empresarial



3032 MW instalados

2732 MW hídricos

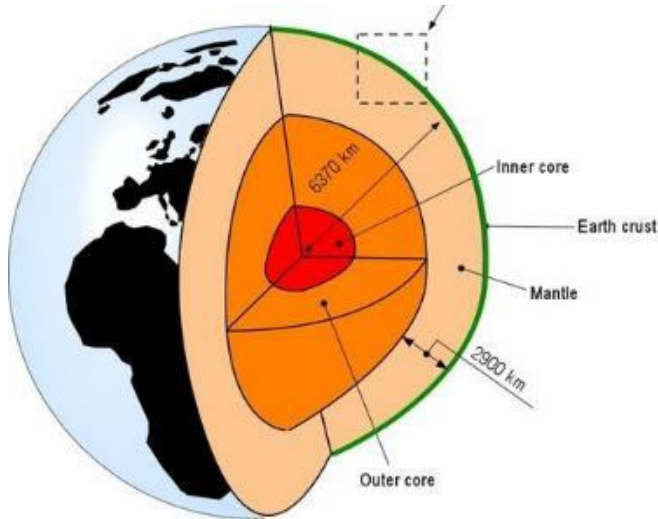
300 MW térmicos



19% de la energía del país

GEOTERMIA PRINCIPIOS Y APLICACIONES

2. Geotermia: Principios y Aplicaciones - Origen y características



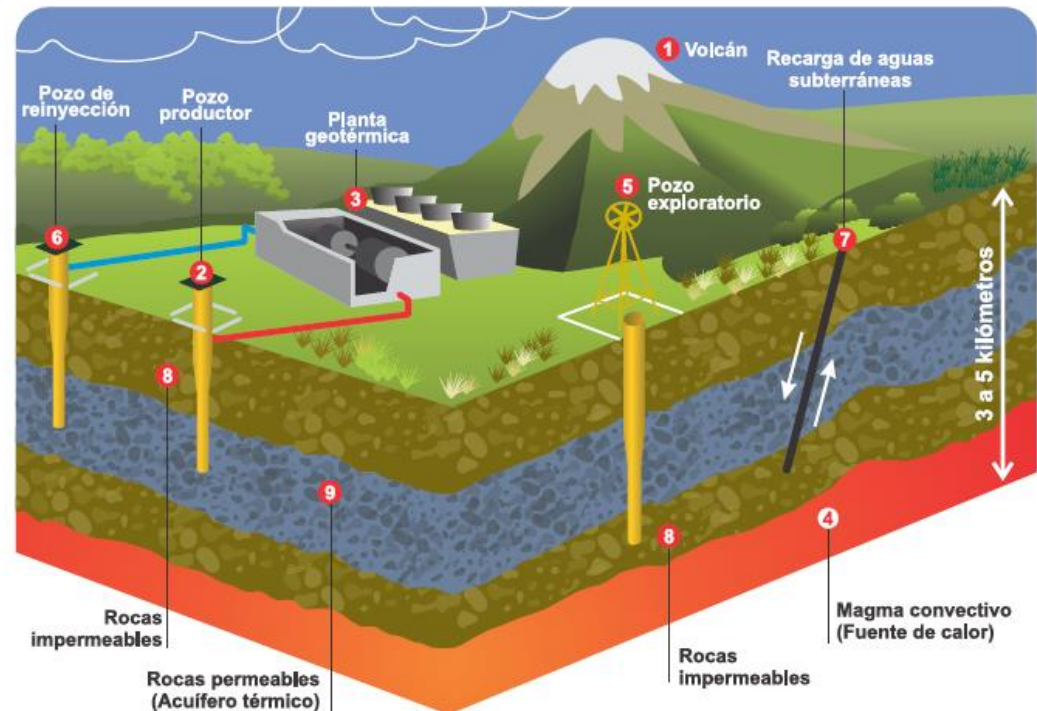
Recurso energético proveniente del calor interno de la tierra

Gradiente normal de temperatura en la corteza terrestre equivale a $30^{\circ} \text{ C / km}$

Fuente: http://www.geothermal-energy.org/what_is_geothermal_energy.html

Un recurso hidrotermal ideal tiene:

- ✓ Temperatura mayor a 240° C y gradiente mayor a 100° C/km .
- ✓ Presión varias veces superior a la presión atmosférica
- ✓ Flujo másico de vapor y agua de varios cientos de toneladas por hora
- ✓ Fluidos clorurados alcalinos



2. Geotermia: Principios y Aplicaciones - Usos Directos



2. Geotermia: Principios y Aplicaciones - Geotermia en el mundo



Wayang Windu 225 MW



Miravalles, Unidad III 29MW



Amatitlán 22MW



Ahuachapán 95MW



San Jacinto-Tizate 76MW



Larderello 770 MW



Maligbot 230 MW



The Geysers 1520 MW



Cerro Prieto 720 MW



Darajat 260 MW



Makilin Banahaw 460 MW



Tiwi Complex 290 MW



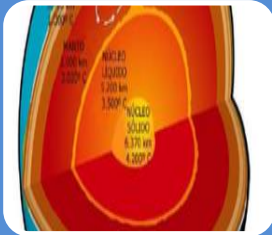
Hellisheidi 300 MW



Salton Sea 340 MW

2.Geotermia: Principios y Aplicaciones

Beneficios



Colombia dispone de un alto potencial geotérmico que puede ser usado para fortalecer nuestro sistema eléctrico.



Se utiliza un recurso natural renovable y se diversifica la matriz energética.



Desplaza generación con combustibles fósiles, reduce la emisión de GEI.



Alto factor de planta, no depende de factores climáticos o de la disponibilidad de combustibles.

2.Geotermia: Principios y Aplicaciones

Beneficios



La tecnología para la exploración y explotación es bien conocida, probada y confiable.



Se utilizan pequeñas extensiones de terreno, es compatible con la agricultura, ganadería y conservación.



Las actividades de construcción y operación generan beneficios para las comunidades en su zona de influencia.



El vapor y agua utilizados se reinyectan al sistema. No genera residuos líquidos, gaseosos o sólidos.

2.Geotermia: Principios y Aplicaciones

Beneficios



Capacitación



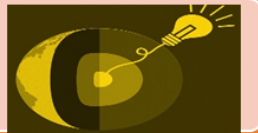
Empleo y diversificación de la actividad económica. Oportunidad para ampliar las relaciones con diferentes instituciones.



Compensación por uso del terreno durante la ejecución de las actividades.



Demanda de bienes y servicios. Alojamiento, alimentación, bodegas, alquiler de vehículos y caballos.



Nueva oportunidad de energía para sustentar alternativas productivas.

Construcción: 4 empleos/MW; O&M: 1.70/MW. GEA 2016). Kagel. Geothermal Energy Association. 2016.

2. Geotermia: Principios y Aplicaciones – Emisiones de CO₂



La capacidad efectiva neta del Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Colombia al finalizar el 2015 fue 16,420 MW con una generación anual de 66,17 TWh (XM).

El factor marginal de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero del SIN es 0.374 Ton CO₂ / MWh. (Resolución Minminas 9 1304 de 2014).

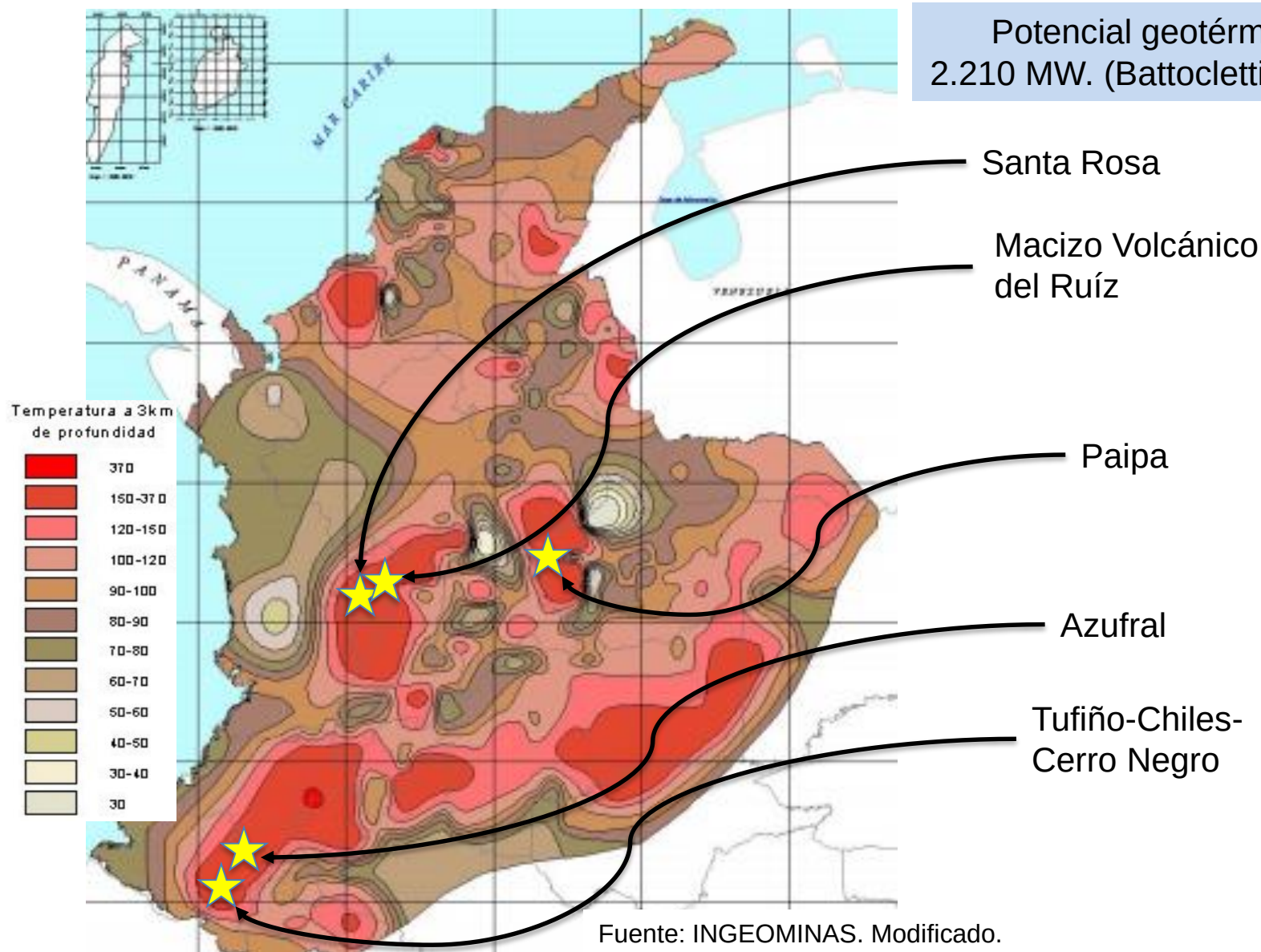
Se puede estimar que las emisiones por generación de energía anual en Colombia son de aproximadamente 24,75 Ton eq CO₂.

Estudio de emisiones de gases de efecto invernadero de geotermia: Promedio ponderado: 0.122 Ton CO₂ / MWh (IGA News 49 Bertani, Julio Septiembre 2002).

Por ejemplo, un proyecto geotérmico de 50 MW con un factor de planta del 90% tiene el potencial para generar anualmente 394.200 MWh y la posibilidad de reducir aproximadamente 100.000 Ton CO₂ anuales.

DESARROLLO EN COLOMBIA

3. Desarrollo en Colombia: Potencial Geotérmico



3. Desarrollo en Colombia: Antecedentes

- ✓ Estudios de prefactibilidad de desarrollo geotérmico en las áreas de Chiles - Tufiño - Cerro Negro (INECEL - OLADE 1982; OLADE - ICEL 1986- 1987)
- ✓ Estudios de prefactibilidad de desarrollo geotérmico en las áreas del Complejo Volcánico Nevado del Ruiz (CHEC 1983; GEOCONSUL 1992; GESA 1997).
- ✓ Estudios de investigación de los sistemas geotermales de las áreas de los Volcanes Azufra, Cumbal (INGEOMINAS 1998-1999, 2008-2009; INGEOMINAS - Universidad Nacional de Colombia 2006).
- ✓ Estudios de investigación de los sistemas geotermales de las áreas de Paipa e Iza (INGEOMINAS 2005, 2008-2009).
- ✓ Factibilidad Básica para un potencial Aprovechamiento Geotérmico en Colombia (USTDA – BPC – ISAGEN - INGEOMINAS, 2008 - 2009).



3. Desarrollo en Colombia: Proyecto Geotérmico Macizo Volcánico del Ruíz



2008 - 2009

2010 - 2012

2013 -2017

2017 -2021

Reconocimiento

Prefactibilidad

Factibilidad y diseño

Construcción y operación

Factibilidad básica
Evaluación Información
Existente

Estudios básicos, cartografía,
geología, geofísica,
geoquímica, hidrogeología

Estudio de Impacto Ambiental
para exploración y uso del
recurso geotérmico (*)

Construcción y puesta en
operación planta de
generación

Evaluación y Priorización
de zonas potenciales
para geotermia en el País

Elaboración modelo geotérmico
conceptual, selección de sitios
de perforación exploratoria

Estudios de detalle de MT y
modelación 3D del campo

Ejecución PMA
Construcción y Operación

Búsqueda de Recursos de
Cooperación Técnica
Nacional e Internacional

Diseño pozos de perforación
exploratoria, plataformas y vías
de acceso.

Perforación exploratoria
Evaluación del yacimiento

Planeación del desarrollo del
campo y diseño de la planta

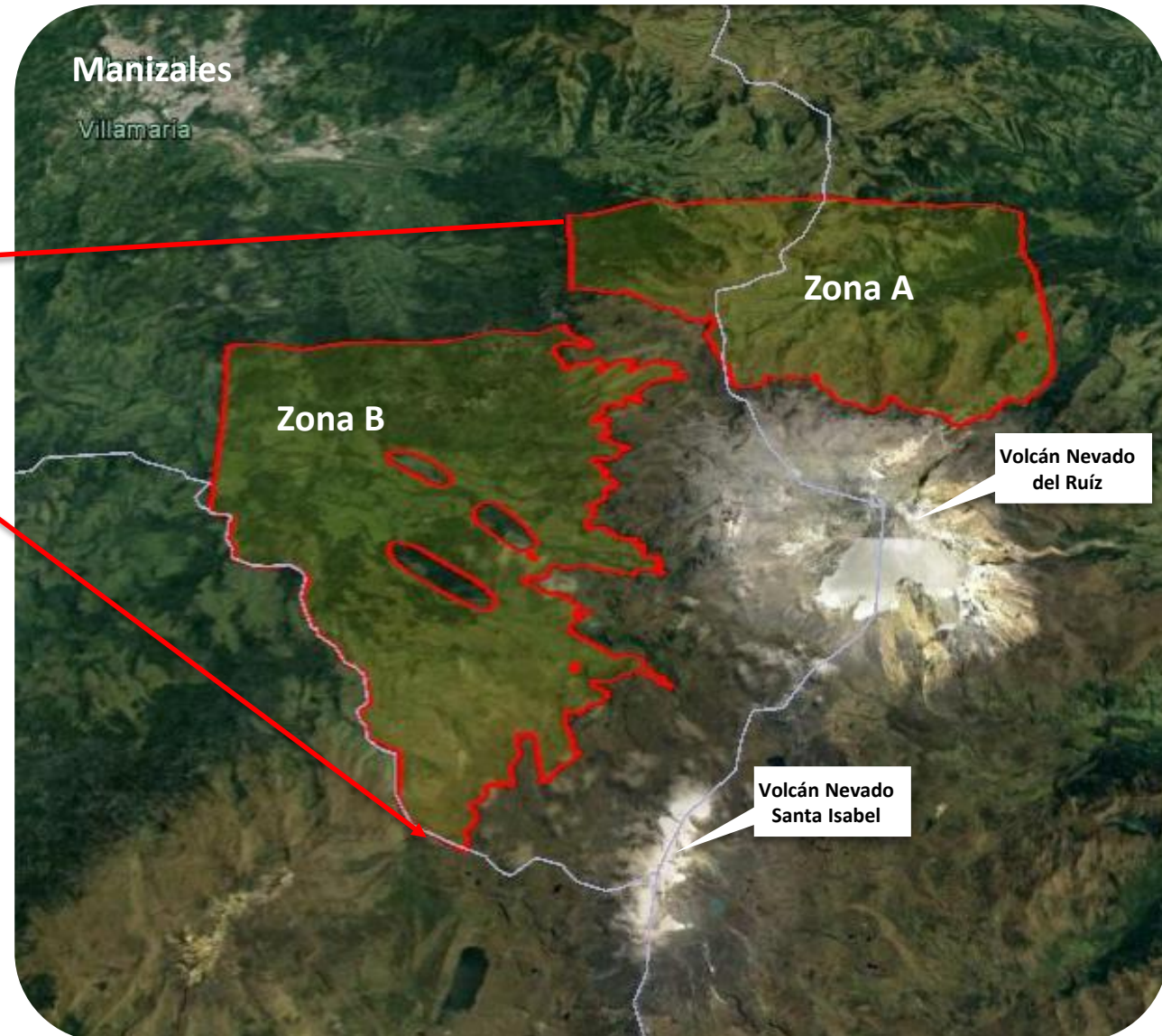
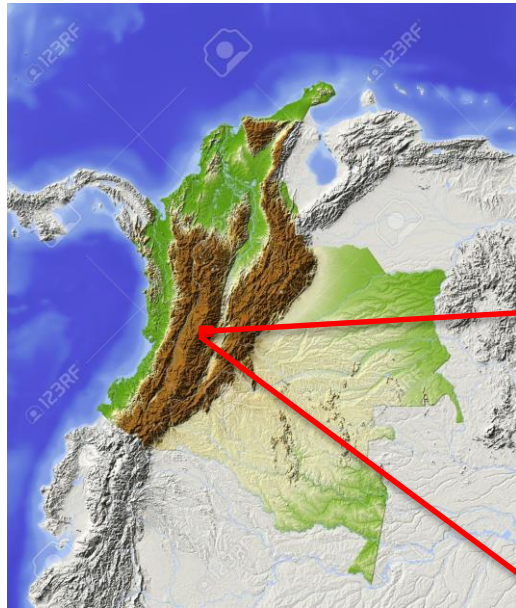
Agencia para el Comercio y el
Desarrollo (USTDA)

BID (CO-T1208, ANT/JC-12150-CO) 2011
Consorcio Nippon Koe - Geothermal – Integral

BID. (FMAN/GEF) ATN/FM-12805-CO.



3. Desarrollo en Colombia: Proyecto Geotérmico Macizo Volcánico del Ruíz



Área de Estudio $\approx 200 \text{ km}^2$

Caldas y Tolima

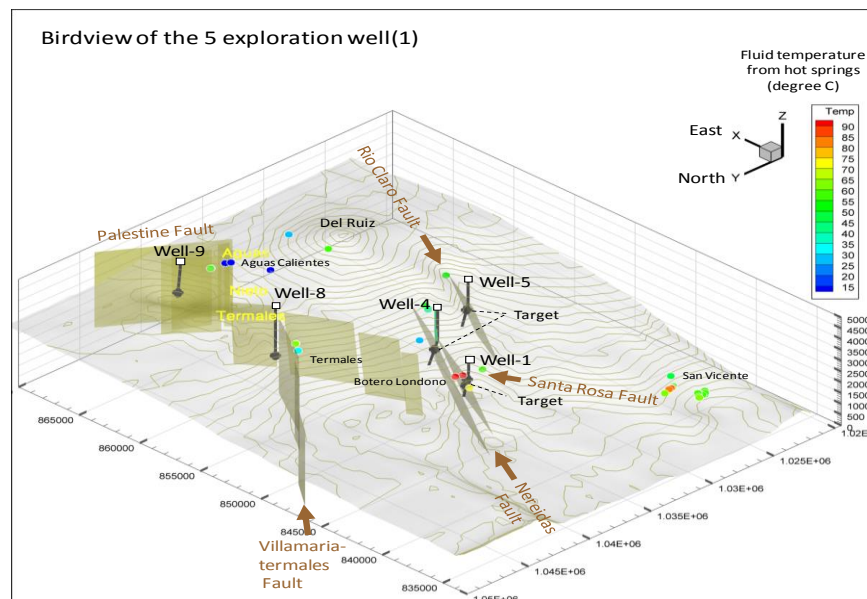
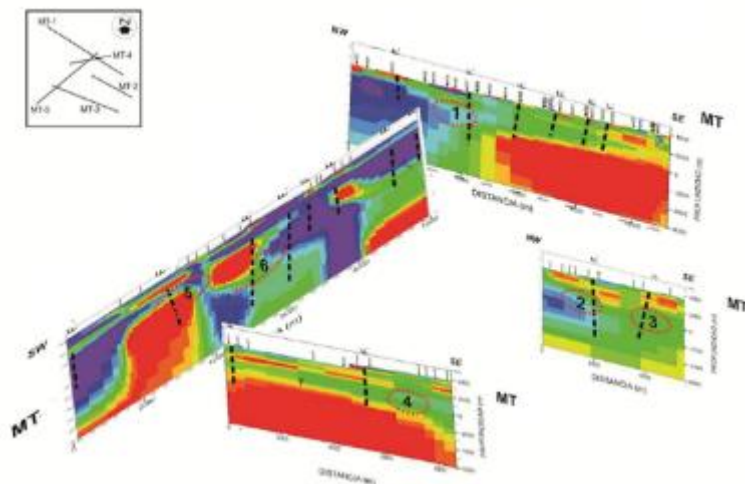
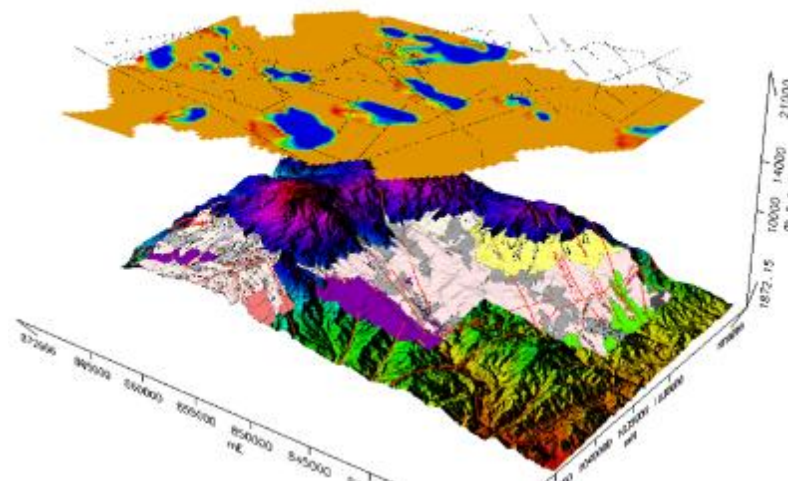
3. Desarrollo en Colombia: Proyecto Geotérmico Macizo Volcánico del Ruíz



Área: 200 km²

Actividades Realizadas (ISAGEN-UNAL-SGC-COLCIENCIAS):

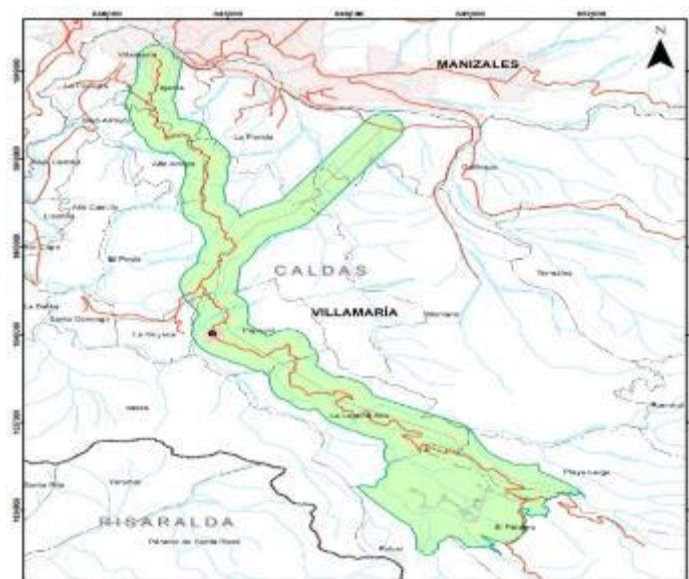
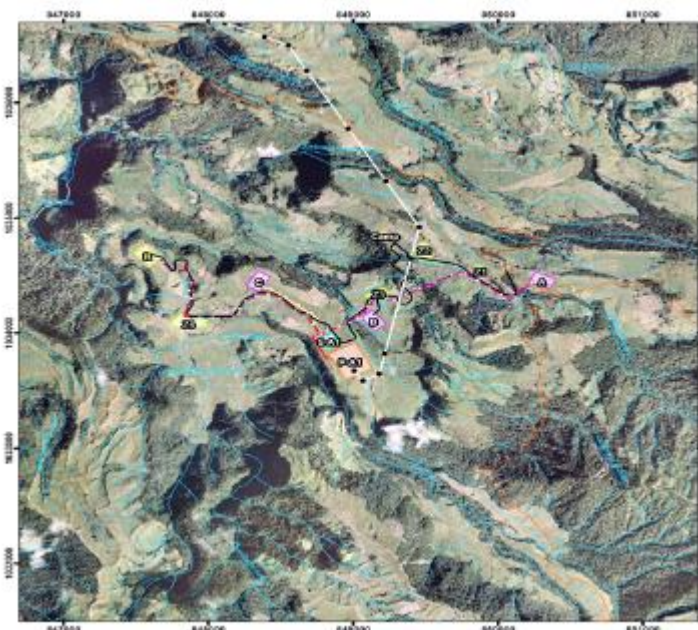
- ✓ Restitución Cartográfica escala 1:5.000
- ✓ Geología de detalle
- ✓ Estudio de Alteración Hidrotermal
- ✓ Geoquímica de aguas y gases
- ✓ Estudio Hidrogeológico
- ✓ Geofísica – Modelo Resistivo 2D
- ✓ Pozos de gradiente térmico
- ✓ Modelo Geotérmico Conceptual



3. Desarrollo en Colombia: Proyecto Geotérmico Macizo Volcánico del Ruiz



- ✓ Modelación 3D, simulación y dimensionamiento del reservorio.
- ✓ Diseño, dimensionamiento y disposición de planta, vías internas, línea de conexión y líneas de conducción de fluidos, para una planta de 50 MW.
- ✓ Estudio hidroclimatológico del área de influencia del proyecto.



- ✓ Estudio de conexión al Sistema de Transmisión Nacional.
- ✓ Estudio de fuentes de fondos, financiamiento y plan para la estructuración financiera del proyecto.
- ✓ Estudio de Impacto Ambiental para exploración y uso del recurso. (Licencia en Trámite).

3. Desarrollo en Colombia: Proyecto Geotérmico Tufiño-Chiles-Cerro Negro

Interés de los Gobiernos
**MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD UBICADA EN
LA ZONA DE FRONTERA**



ACUERDO BINACIONAL

Unir esfuerzos para adelantar todas las acciones necesarias para el estudio y el desarrollo de uno o varios proyectos de generación de energía eléctrica que aproveche el recurso geotérmico existente en la zona de frontera entre la República de Ecuador y Colombia, particularmente en la zona denominada Chiles – Cerro Negro – Tufiño; y en caso de encontrar su factibilidad técnica, ambiental y financiera realizar su construcción y operación del mismo.



CONVENIO ESPECÍFICO

Aunar los esfuerzos de las Partes para llevar a cabo la planeación, desarrollo y ejecución del Proyecto Geotérmico Binacional Tufiño – Chiles - Cerro Negro en su etapa de prefactibilidad.

3. Desarrollo en Colombia: Proyecto Geotérmico Tufiño-Chiles-Cerro Negro



Resguardo Indígena de Chiles (Colombia) y Comuna La Esperanza (Ecuador).

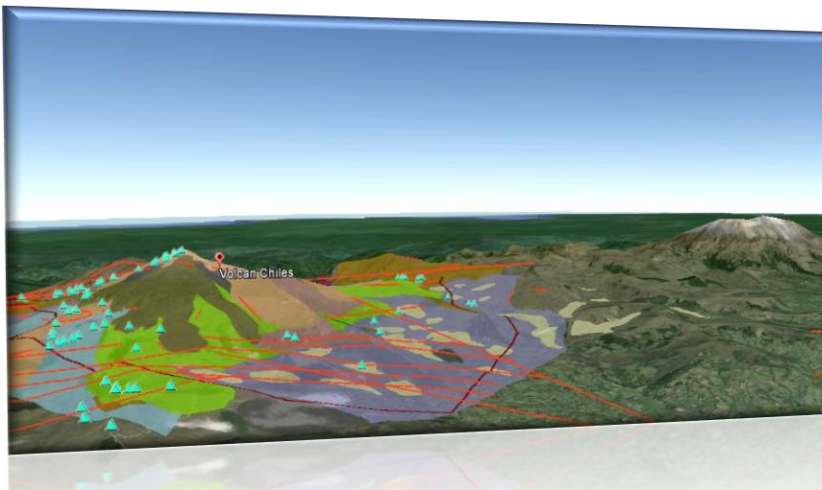


3. Desarrollo en Colombia: Proyecto Geotérmico Tufiño-Chiles-Cerro Negro

Area de estudio: 50 km².

Actividades realizadas:

- ✓ Revisión de información existente
- ✓ Fotografías aéreas y restitución cartográfica, escala 1:5.000, 1:10.000
- ✓ Geología estructural detallada
- ✓ Alteración hidrotermal
- ✓ Geoquímica de aguas y gases
- ✓ Términos de referencia para EIA
- ✓ Gestiones con la comunidad



3. Desarrollo en Colombia: Proyecto Geotérmico Tufiño-Chiles-Cerro Negro - Socialización



✓ Territorio habitado por comunidades ancestrales indígenas de los Andes del Pueblo Pasto. El Cerro Chiles es un referente cultural del pueblo Pasto.



✓ **Acercamiento e información sobre el proyecto a la comunidad.** Permiso del estudio de prefactibilidad otorgado por la Comuna La Esperanza en diciembre de 2013. Permiso de estudio de geociencias en superficie otorgado por el Resguardo Indígena de Chiles en julio de 2014. Avance de trabajo de campo en febrero de 2014 en La Esperanza y avance parcial en el Resguardo Chiles en agosto de 2014 suspendido por oposición al proyecto.

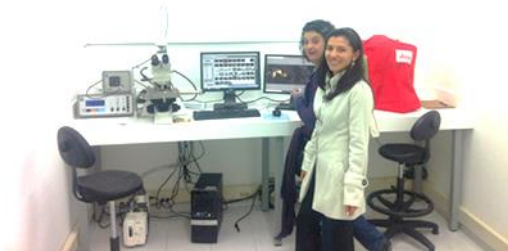


✓ **Pasos para el proceso de consulta previa de la campaña exploratoria:** Solicitud de certificación de presencia de minorías étnicas. Certificación de la Dirección de Consulta Previa de la presencia del Resguardo Indígena de Chiles en la zona de exploración geotérmica. Solicitud inicio de consulta previa para la exploración del recurso geotérmico. Reunión de preconsulta Capacitación dictada al gobernador del Resguardo Indígena de Chiles por personal de la dirección de consulta previa en julio de 2016.



LOGROS

4. Logros: Fortalecimiento institucional y creación de capacidad técnica



- ✓ Doce (12) tesis de maestría en alteraciones hidrotermales; geología estructural; geoquímica; fluidos geotérmicos; geofísica y cromatografía de gases;
- ✓ Once (11) tesis de pregrado en: petrografía; microtermometría; difracción de rayos x, inclusiones fluidas y geofísica.
- ✓ Dos (2) publicaciones una realizada por ISAGEN y otra por el BID para la promoción y desarrollo de la geotermia.
- ✓ Diversos cursos, talleres de trabajo y pasantías en el país y en el exterior con expertos de USA, Japón y el Salvador en perforación, geoquímica, geofísica, interpretación y análisis de resultados.
- ✓ Dotación a la UNAL y el Servicio Geológico Colombiano con modernos equipos de laboratorio y campo para la exploración geotérmica y otras aplicaciones.
- ✓ Vinculación directa e indirecta de cerca de 50 profesionales del Servicio Geológico Colombiano; Profesores, Estudiantes de posgrado y pregrado de la Universidad Nacional apoyados por ISAGEN, Boston Pacific, El BID, la UNAM, el CIF y LaGeo.

4. Logros: Socio - Ambientales

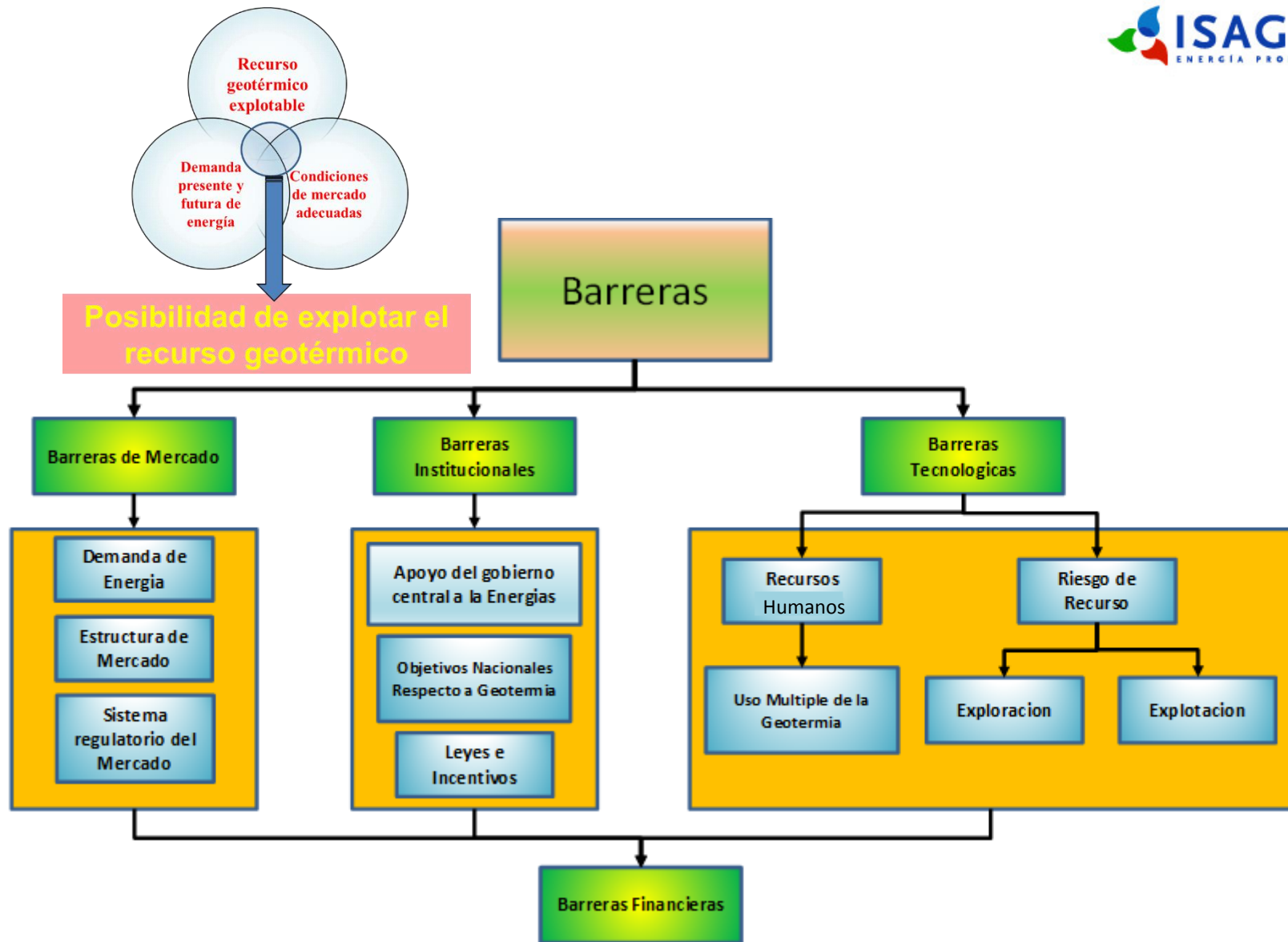


- ✓ Socialización de la geotermia ante instituciones departamentales (Caldas, Tolima, Nariño), académicas, ambientales y comunidad en general.
- ✓ Estudio de Impacto Ambiental: Socialización de los impactos a la comunidad en el área de influencia directa e indirecta del Proyecto MVR.
- ✓ Construcción Parque Infantil en la Escuela en área de influencia del Proyecto MVR.
- ✓ Apertura por parte de la comunidad e instituciones para el desarrollo del Proyecto MVR.



RETOS

5. Barreras para el desarrollo de la geotermia en Colombia



Otras barreras son de tipo social, económico, cultural, político y normativo tanto en lo técnico como en lo ambiental.

5. Retos

- ✓ Profundizar en el conocimiento de la geotermia y su aplicación.
- ✓ Fortalecer la capacidad técnica y científica para el aprovechamiento del recurso.
- ✓ Obtener la Licencia Ambiental para el desarrollo del Proyecto MVR.
- ✓ Identificar y promover los mecanismos de cobertura de riesgo para la fase de exploración.
- ✓ Buscar y obtener cooperación técnica y económica a nivel internacional que contribuya a la implementación de la geotermia para la generación de energía en Colombia.
- ✓ Revisar, actualizar y armonizar la normatividad vigente en aspectos ambientales y del mercado de energía para facilitar la incorporación de la geotermia en la matriz energética del País.



¡Gracias!

