



ENERGY CREATIVE  
SOLUTIONS

**“Desarrollo de la Geotermia en Chile:  
Masificación de la Geotermia de Alta y Baja Entalpia”**

**Colegio de Ingenieros de Chile**

**27-06-2019**

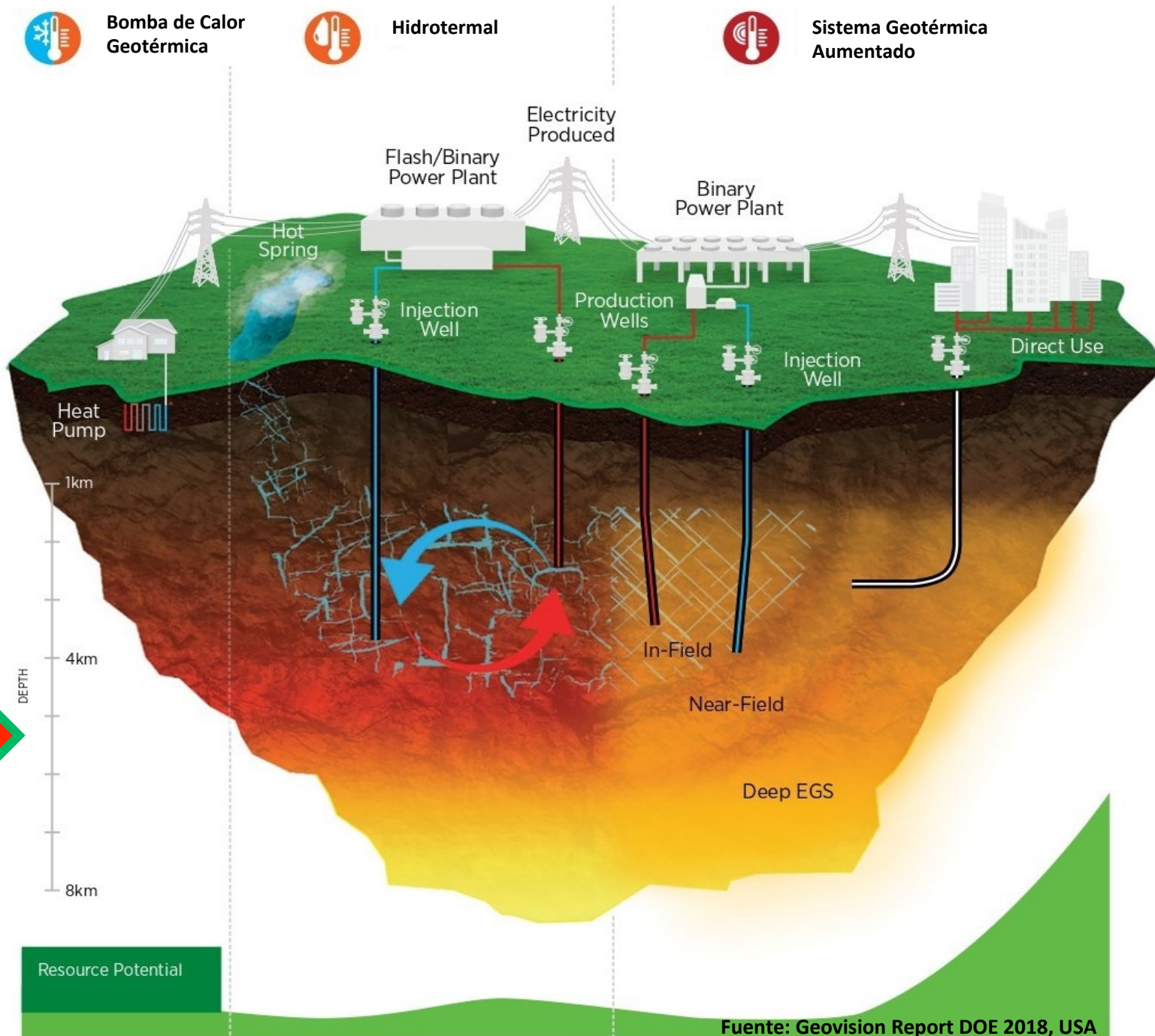
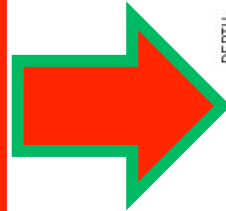
**Gonzalo Torres Macchiavello**



# Que es la Energía Geotérmica

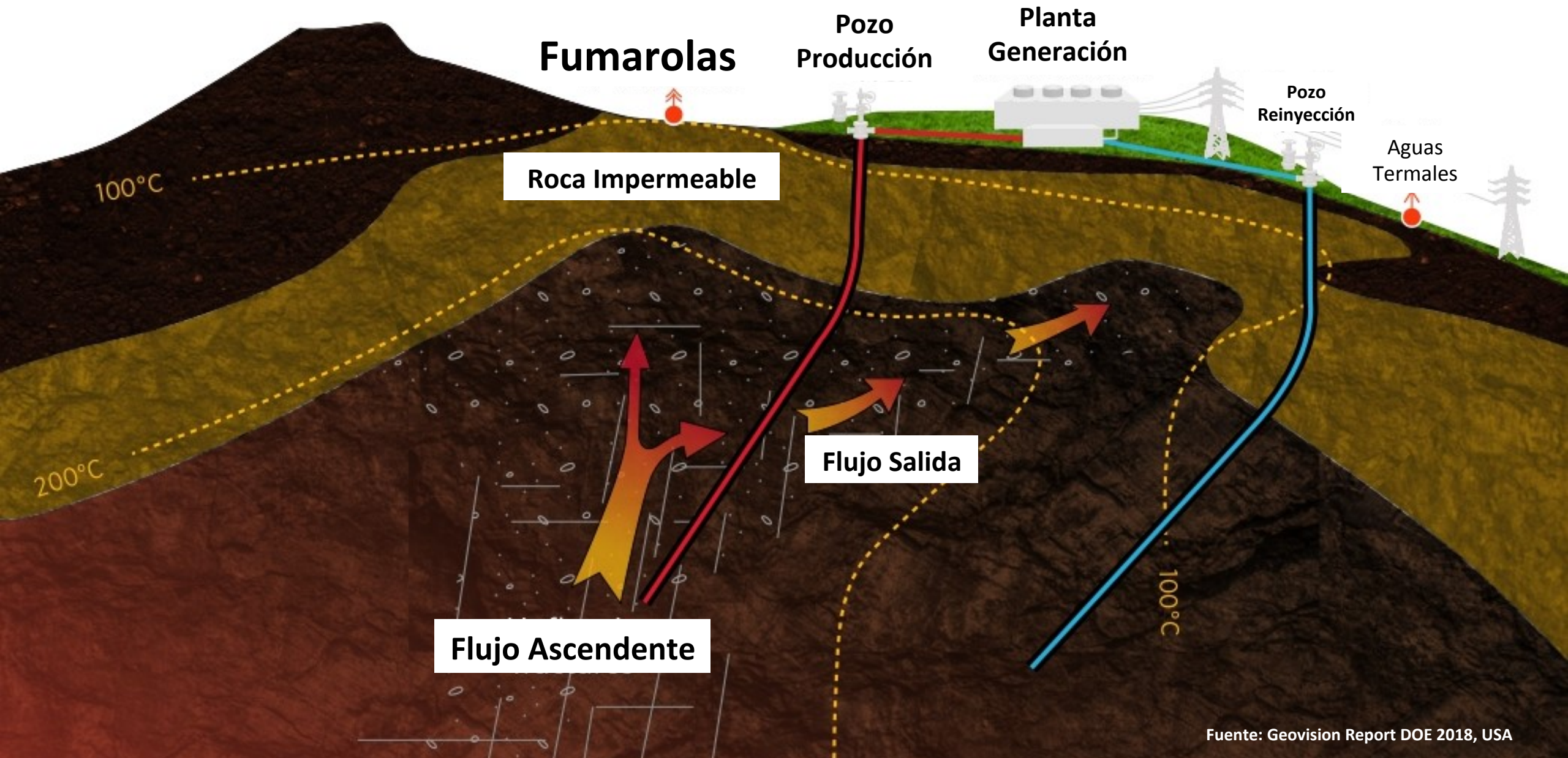
Es una energía renovable obtenida del calor de la tierra y se transmite a través de los cuerpos de roca caliente donde interactúa con aguas subterráneas y rocas, dando origen a los sistemas geotérmicos.

## Sistema Geotérmico



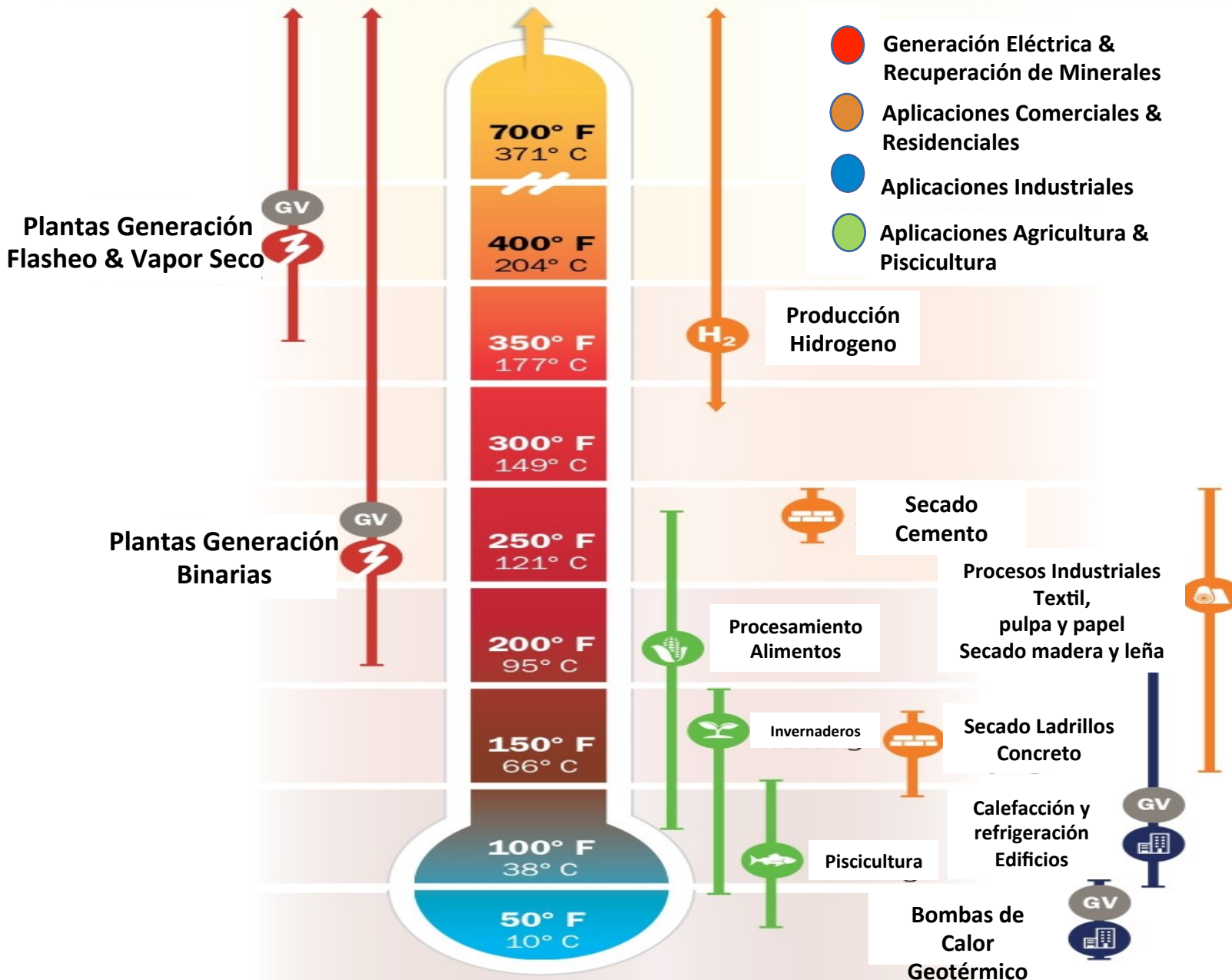


# Sistema Geotérmico



## Generación de Energía Eléctrica

## Usos Directos

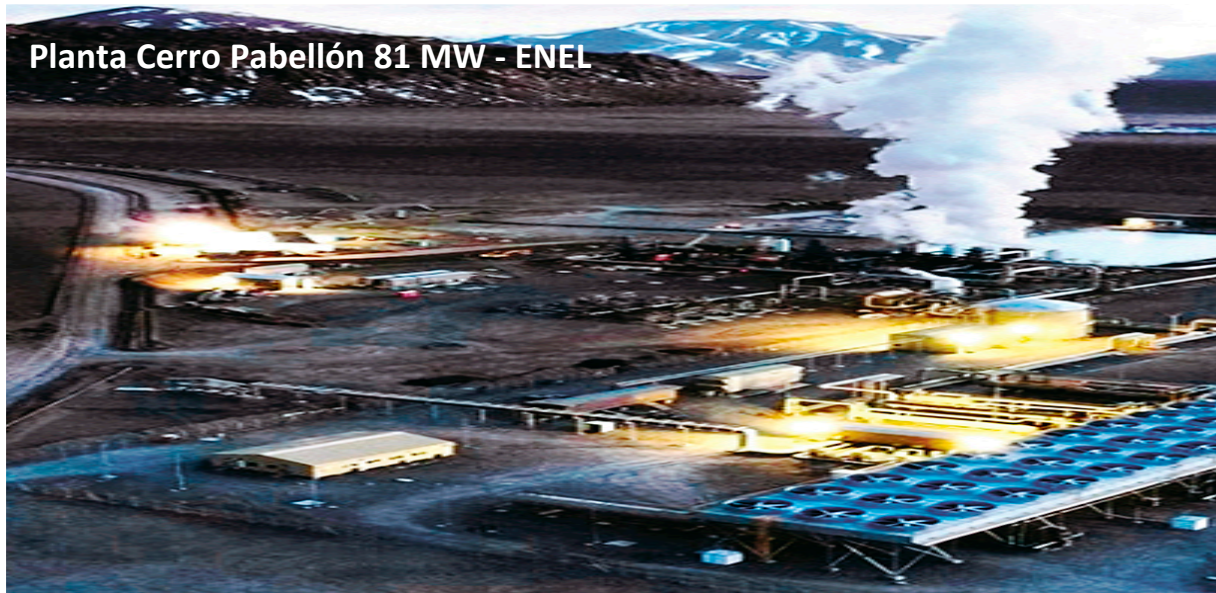


# Aplicaciones de la Energía Geotérmica

- **Generación de Energía Eléctrica**
  - Tecnología de base, flexible y de larga vida
  - Factor de planta sobre 92%
  - Fuente energética disponible
  - Energía de bajo costo de operación.
  - Bajas emisiones de CO<sub>2</sub>.
  - Ideal para reemplazar centrales a carbón, tanto por características como por empleos que genera.
- **Usos Directos**
  - Sistemas de Calefacción distrital
  - Turismo
  - Invernaderos
  - Piscicultura
  - Combustibles sintéticos
  - Minerales



Planta Cerro Pabellón 81 MW - ENEL



Plant 75 MW Svartsengi & Blue Lagoon SPA Islandia



Invernadero Gendarmeria Aysen - CEGA



Planta Metanol Islandia-Carbon Reciclyng Intl.



# Orígenes & Desarrollo

Pruebas arqueológicas demuestran uso en todos los continentes para cocinar, curativos y recreación

Chaudes-Aigues  
Francia  
1er. Sistema calefacción distrital para la iglesia, casas y SPA

Larderello, Italia  
Francesco Giacomo Larderel  
Comenzo la produccion de acido borico de aguas getoermicas

Larderello, Italia  
Piero Ginori Conti desarrolló una pequeña turbina para encender 5 ampolletas.

Larderello, Italia  
Operación comercial de turbina de 250kW para suministrar energía a los pueblos cercanos y al sistema de trenes Italiano

- 8 mil años AC – 1300 DC

1300

1818

1904

1916

Crisis del Petroleo  
Rol Estado & FIT  
Nueva Zelanda  
Indonesia  
Islandia  
Filipinas  
Estados Unidos  
Honduras  
Nicaragua  
El Salvador  
Mexico

Crecimiento Vegetativo

Boom Renovables  
Compromiso Media Ambiente  
GEI  
Curva de Pato  
Resurge el interes por la geotermia  
Ley de geotermia en Chile

Fuerte compromiso con el Desarrollo de energias de base renovables y geotermia  
Nuevas tecnologias permiten llevar a la geotermia a tarifas competitivas

Mundo  
Desarrollo lento de calefaccion, generacion electrica, SPAs

1916 - 1973

1973 a 1990

1991 a 2000

2001 a 2008

2009 a 2019



Pozo geotérmica Larderello, Italia



Piero Ginori Conti Larderello, Italia



Planta San Jacinto-Tizate 54,6 MW,  
Nicaragua

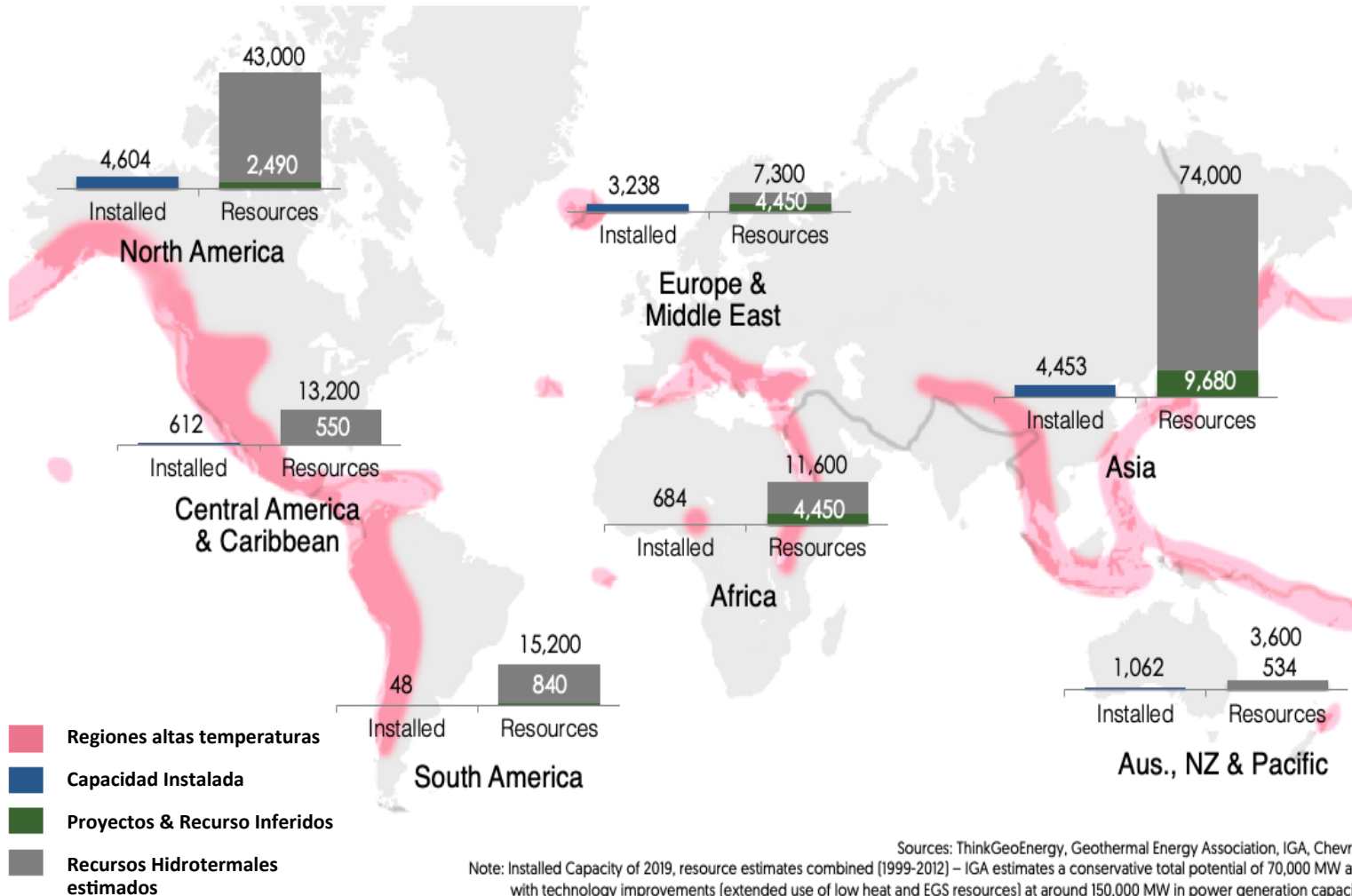


Ahuachapan 95 MW, El Salvador

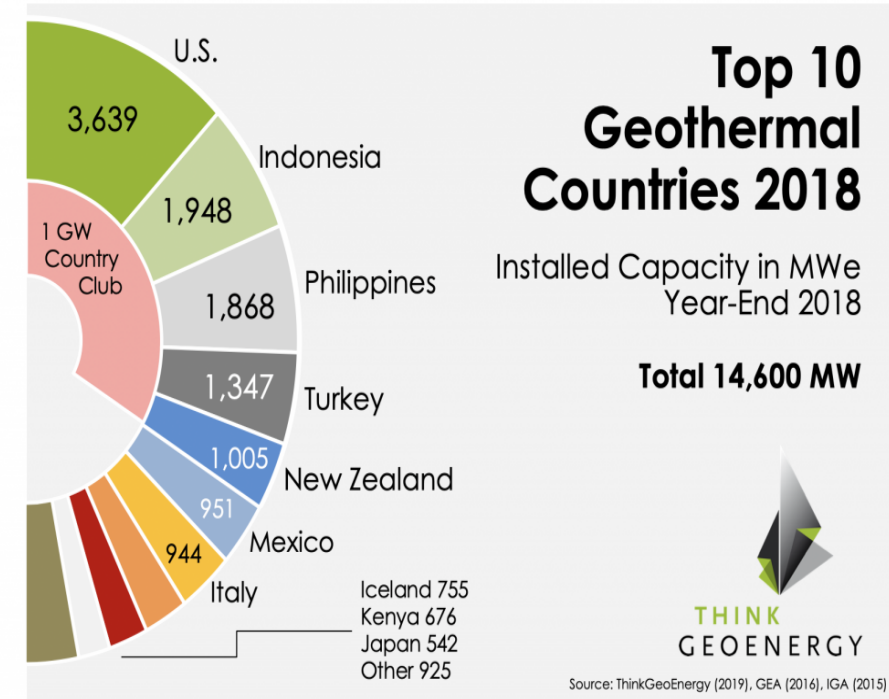


# Geotermia en el Mundo

## GLOBAL GEOTHERMAL POTENTIAL POWER GENERATION POTENTIAL (MWe)



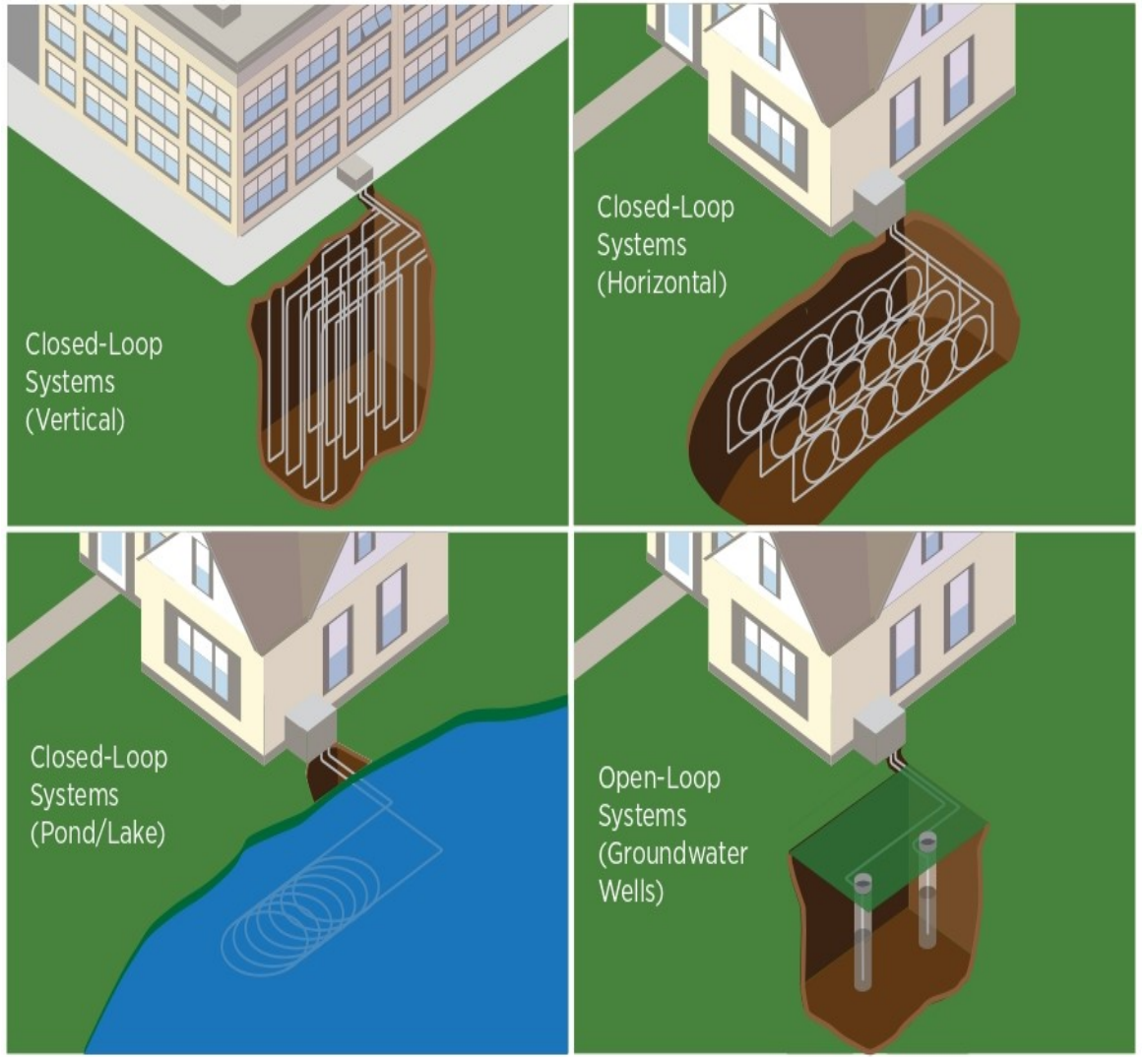
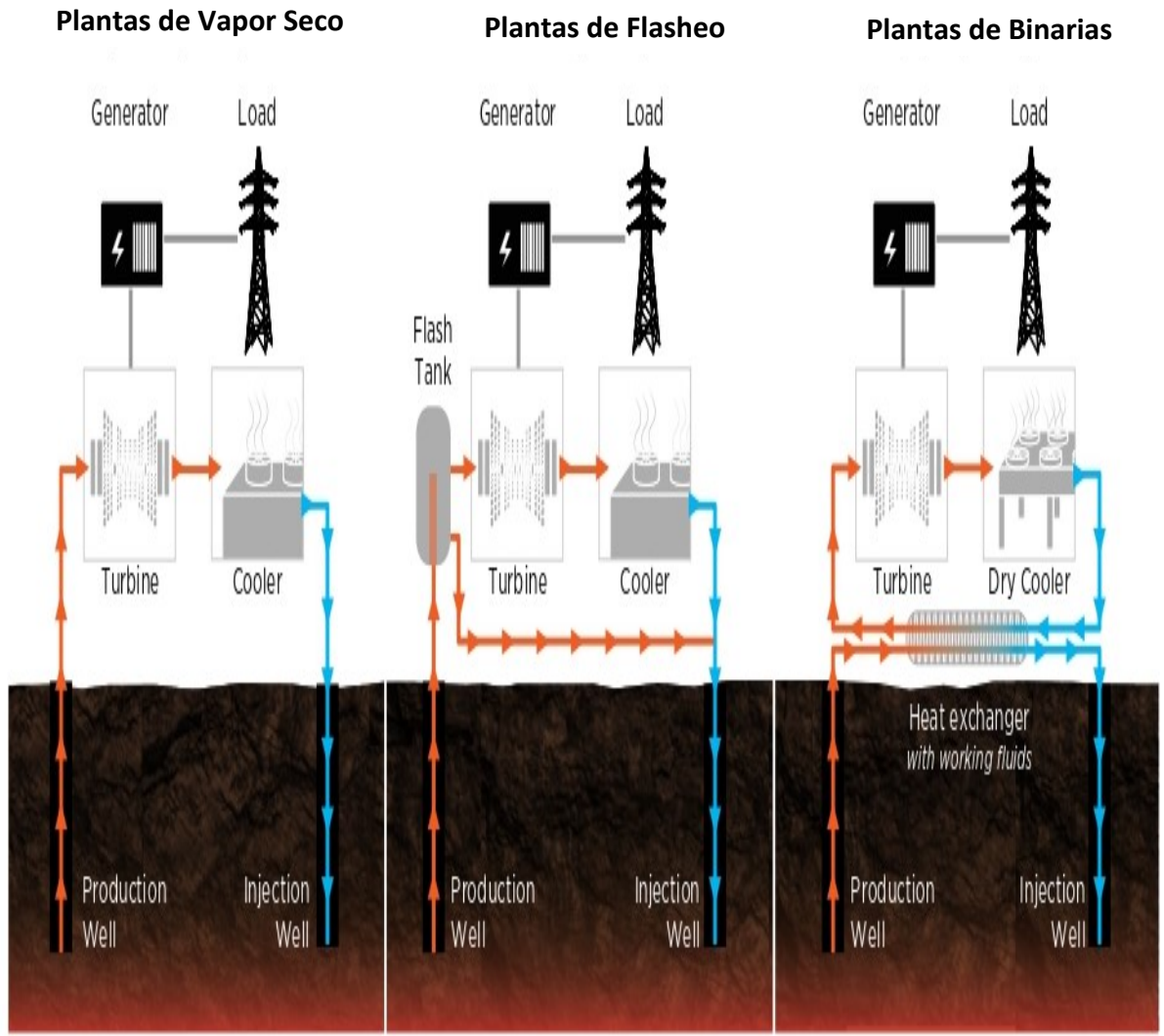
- 14.600 MW Instalados en el mundo
- 15.000 MW en desarrollo
- Islandia, Alemania, Bélgica, Francia, Reino Unido perforando pozos de hasta 5.000 mt.



Sources: ThinkGeoEnergy, Geothermal Energy Association, IGA, Chevron  
 Note: Installed Capacity of 2019, resource estimates combined (1999-2012) – IGA estimates a conservative total potential of 70,000 MW and with technology improvements (extended use of low heat and EGS resources) at around 150,000 MW in power generation capacity



# Tecnologías



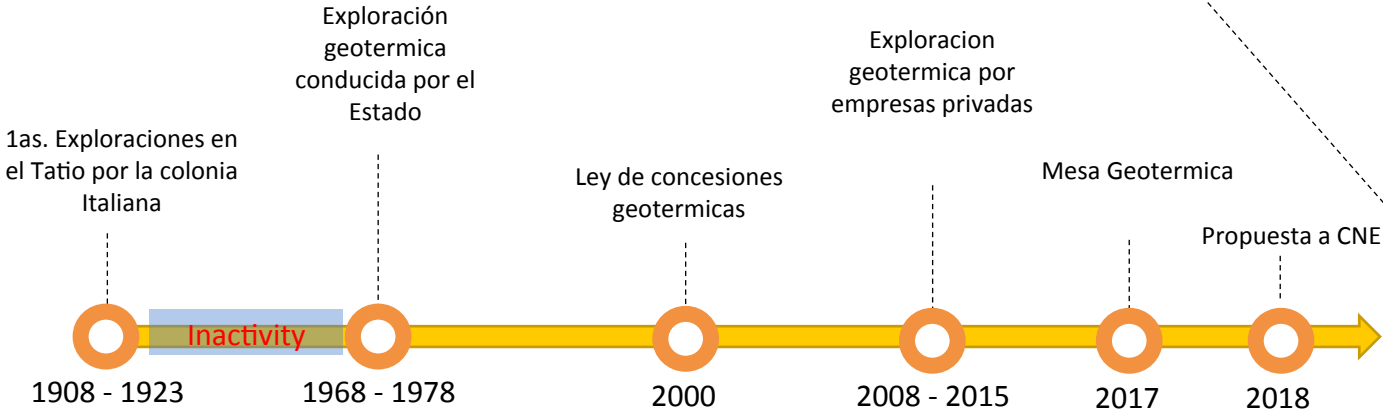
# Geotermia en Chile

Cinturón de fuego

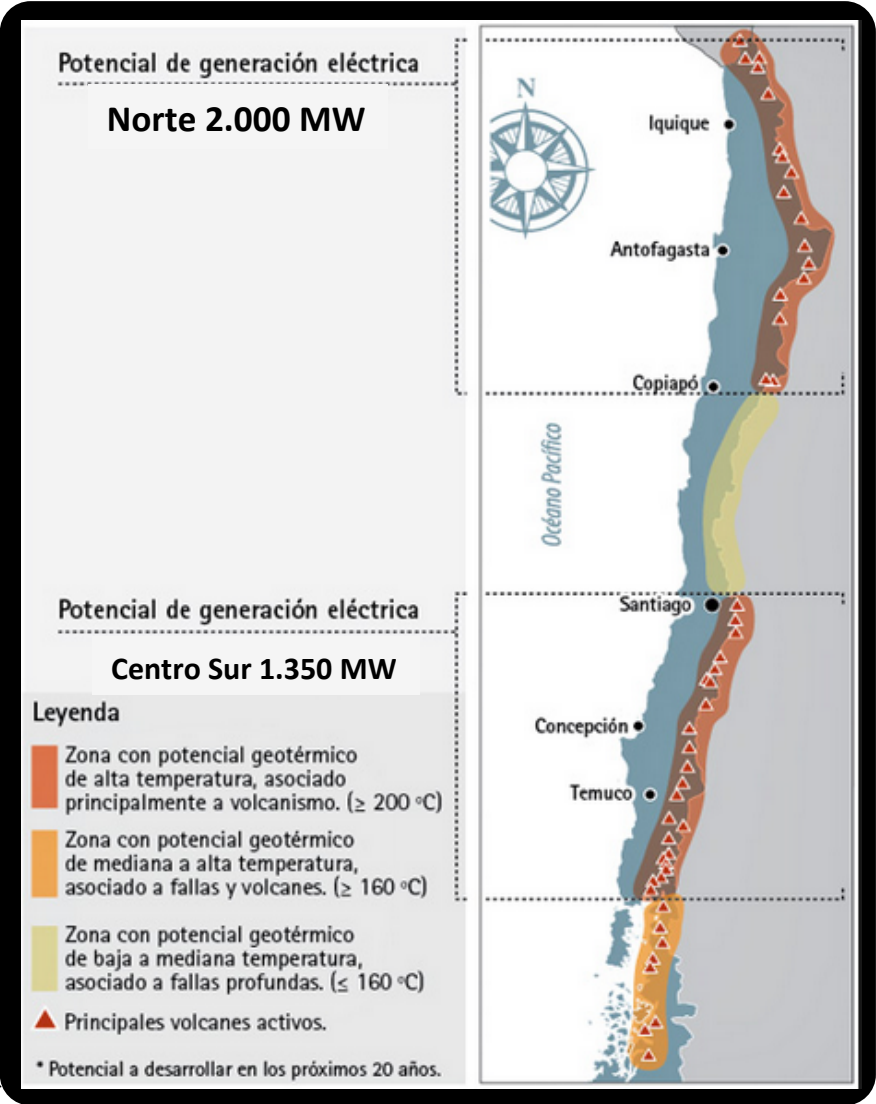
Chile tiene el 25% de los volcanes Activos en el mundo



Source: Adapted from National Energy Education Development Project (public domain)



Source: CEGA, Uchile & ECS



Fuente:

Fuente: Energía Andina



# Geotermia en Chile

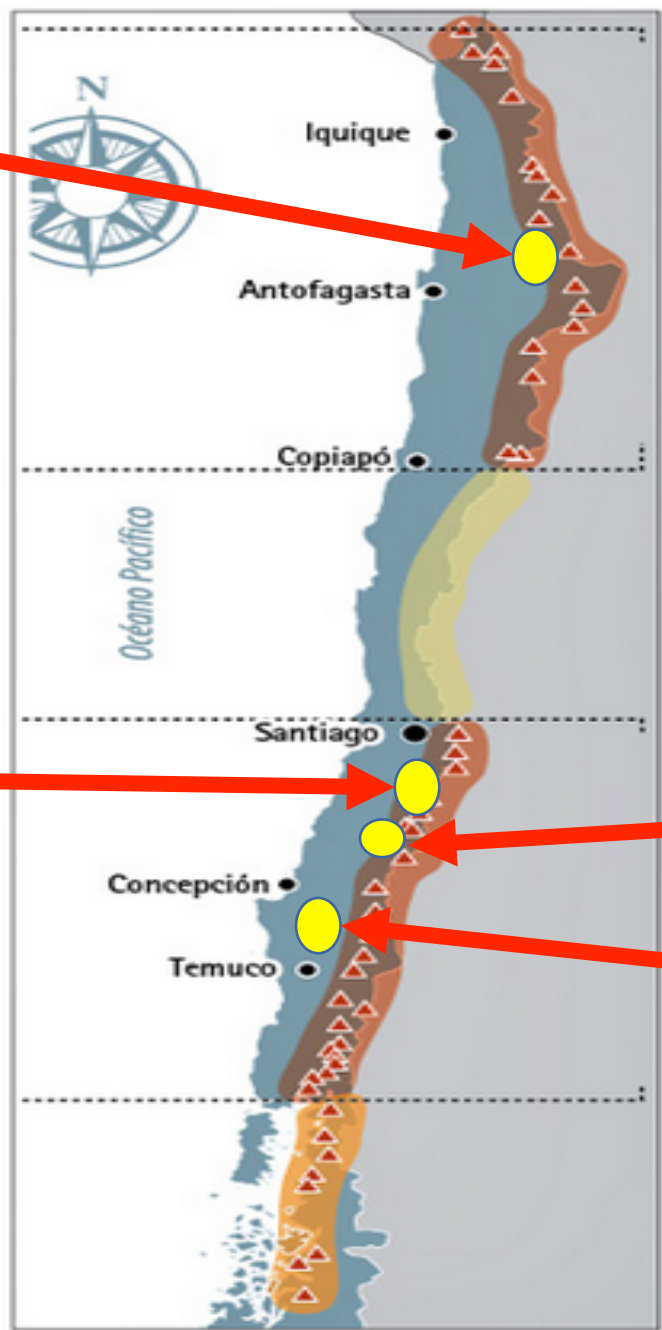
## • En los últimos 10 años:

- Se han invertido USD 400 MM en exploración
- De 2.200 a 3.500 MW de potencial para proyectos de alta entalpia
- Mesa Geotermica 07-2018
- Propuesta CNE 09-2018
- Algunos IPPs se fueron (Mighty River Power, Alterra, Ormat, Origin)

## • Proyectos:

- Cerro Pabellon (ENEL) 48MW en operaciones + 33MW expansión
- Peumayen (TRANSMARK) 100MW
- Tinguiririca (Energia Andina) 100MW
- Mariposa (Enerco) 100MW

**ENEL - Cerro Pabellón 48 MW Operaciones +  
33 MW en construcción – Ollagüe II Región**



**Energía Andina – Tinguiririca 100 MW  
VI Región**

**Enerco – Mariposa 100 MW  
VII Región**

**Transmark – Peumayén 100 MW  
IX Región**





Termas de Puyehue, X Región



Edificio Transoceanica, RM



Marine Harvest Piscicultura X Región

## Proyectos de Energías Renovables en Viñas

### VIÑA MAQUIS

Valle de Colchagua



"La sustentabilidad es una parte esencial de Viña Maquis, por eso hemos incorporado un sistema de recuperación de energía basado en la tecnología de bomba de calor geotérmica. Esta bomba nos ha permitido reducir el consumo de electricidad en un 30% y el consumo de gas en un 90%, lo que nos ha permitido ser mucho más sustentables y crear una ventaja comparativa en una industria que es súper desafiante, siendo un ejemplo para todos"

# Geotermia en Chile

# *Mesa Geotérmica*

## • Sobre el proceso

- Petición del Consejo Geotérmico al Ministro Pacheco.
- Proceso participativo (asociaciones gremiales, industria, gobierno, agencias multilaterales, academia, sociedad civil).
- Financiado por el ESMAP/Banco Mundial.
- 11 talleres durante 12/2016 a 07/2018.
- Cierre de informe final en Julio de 2018.
- Dos gobiernos de distinto color político involucrados.



Etapa 0: Costos de la Geotermia

Etapa 1: Modelo Largo Plazo

Etapa 2: Modelo Corto Plazo

Etapa 3: Políticas Públicas

● Dic-16 a Mar-17

● Mar-17 a Sep-17

● Sep-17 a Nov-17

● Nov-17 a Feb-18

### Talleres 1,2 y 3-A

- Industria presenta los costos reales de desarrollo en Chile.
- Se determina LCOE competitivo Geotermia

### Talleres 3-B, 4 y 5

- Mesa define los supuestos de la modelación de largo plazo.
- Trabajo CE UChile.
- Se estudia desarrollo futuro del sistema.
- Se revisa contexto de competencia para la geotermia.

### Talleres 6 y 7

- Mesa define los supuestos de la modelación de corto plazo.
- Trabajo CE UChile.
- Se estudia la operación de dos años (muestras).
- Se revisa contribución a la seguridad del sistema de la geotermia.

### Taller 8

- Mesa presenta sus propuestas de políticas públicas.
- Trabajo de Cubillos & Evans.
- Ministerio analiza carga regulatoria de implementación de las políticas propuestas.
- Se emite informe borrador de la mesa por parte del Ministerio.

#### Participantes de la mesa

- **Financiamiento:** Banco Mundial.
- **Promotor:** Ministerio de Energía.
- **Anfitrión:** Fundación Chile.
- **Consultores técnicos:** CE Universidad de Chile / Cubillos & Evans.
- **Asociaciones gremiales:** Consejo Geotérmico / ACERA / ACHEGEO / Colegio de Ingenieros.
- **Academia:** CEGA UChile / UTFSM / Otros.
- **Empresas relacionadas:** ENAP / Empresas mineras (clientes) / Empresas prestadoras de servicios para la geotermia / Otros.
- **Otros:** ciudadanos

#### La mesa en cifras

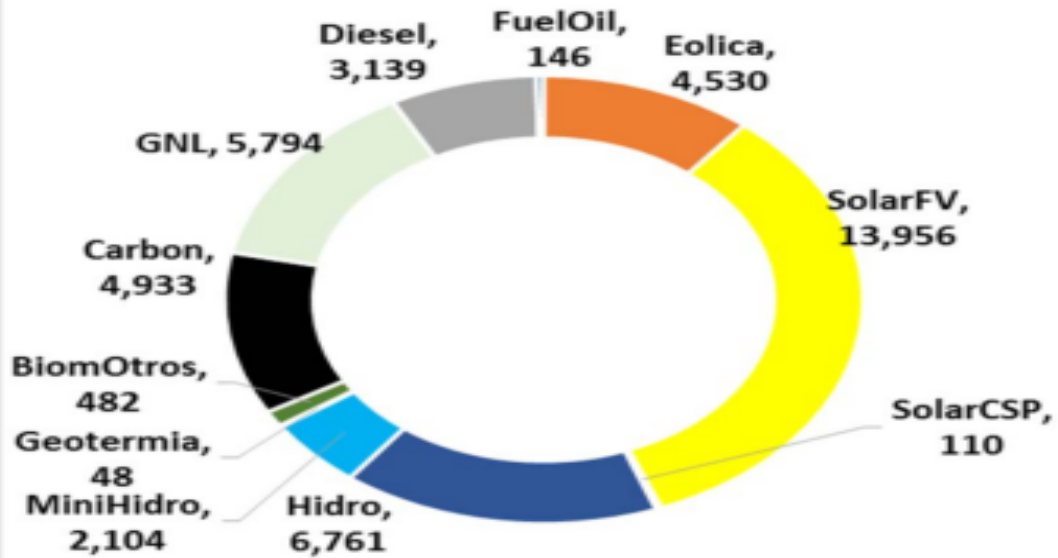
- 8 Talleres + 2 Sesiones *Petit Comité*.
- 15 meses de trabajo.
- Todos los antecedentes para descarga pública en <http://www.minenergia.cl/mesa-geotermia/>
- Etapas 0, 1, 2 y 3 concluidas.
- **Informe final publicado**

**Informe de la mesa cerrado durante 2018. Políticas públicas recogidas en Ruta Energética 2018-2022**

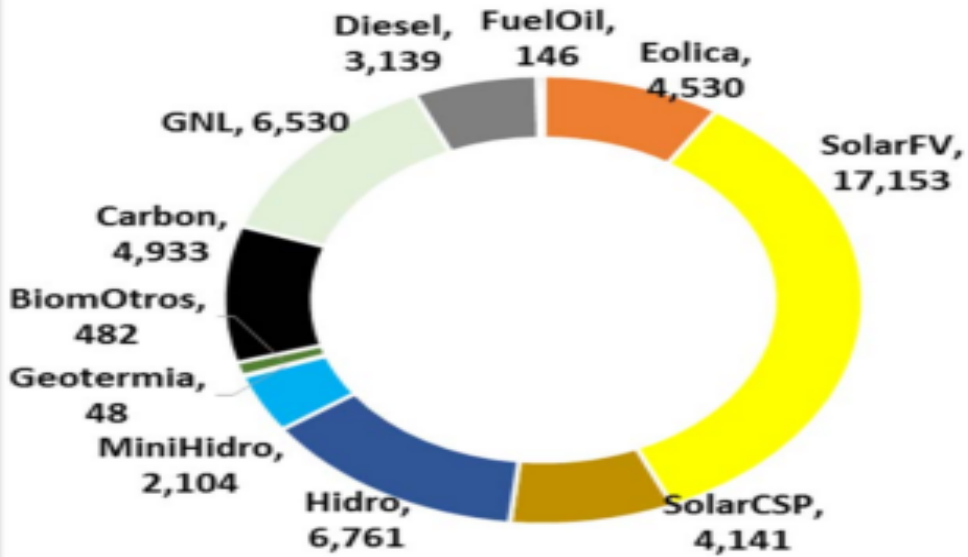
### **En Desarrollo**

- **Propuesta a la CNE de términos y condiciones de blocks de suministro 24/7 (09-2018)**
- **Actualización de la ley 19.657 de geotermia enviada al Congreso**

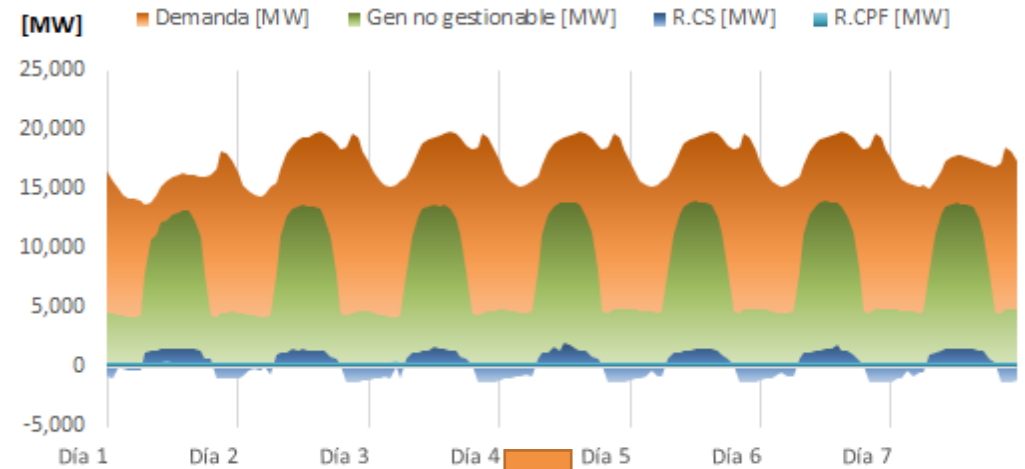
### EscBase - 2037



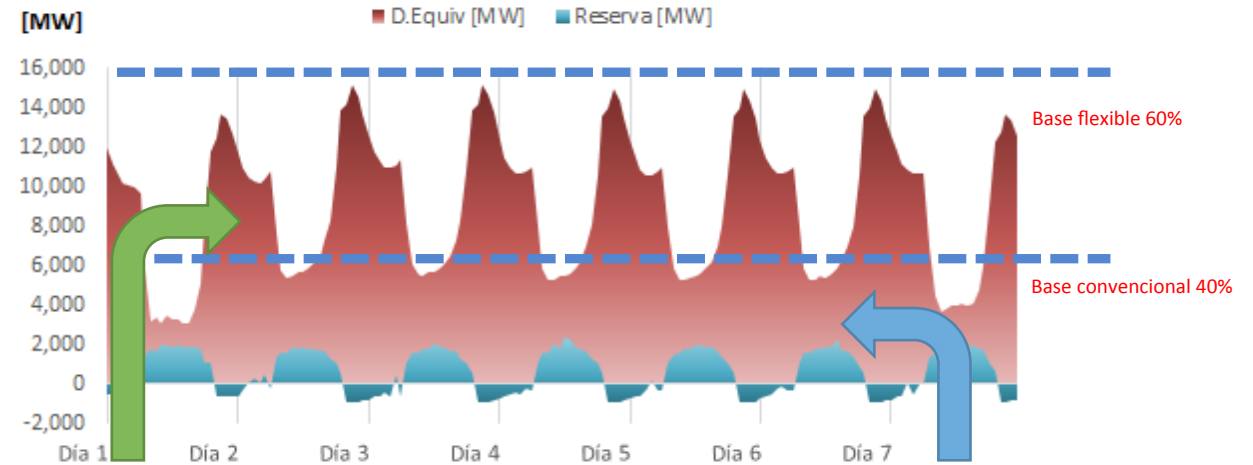
### EscBase - 2047



### Operación del Sistema en una semana típica



### Requerimiento del Sistema en una semana típica



Necesidad de Tecnologías de Base Flexibles

Descarbonización



# Mesa Geotermica-Resultados II

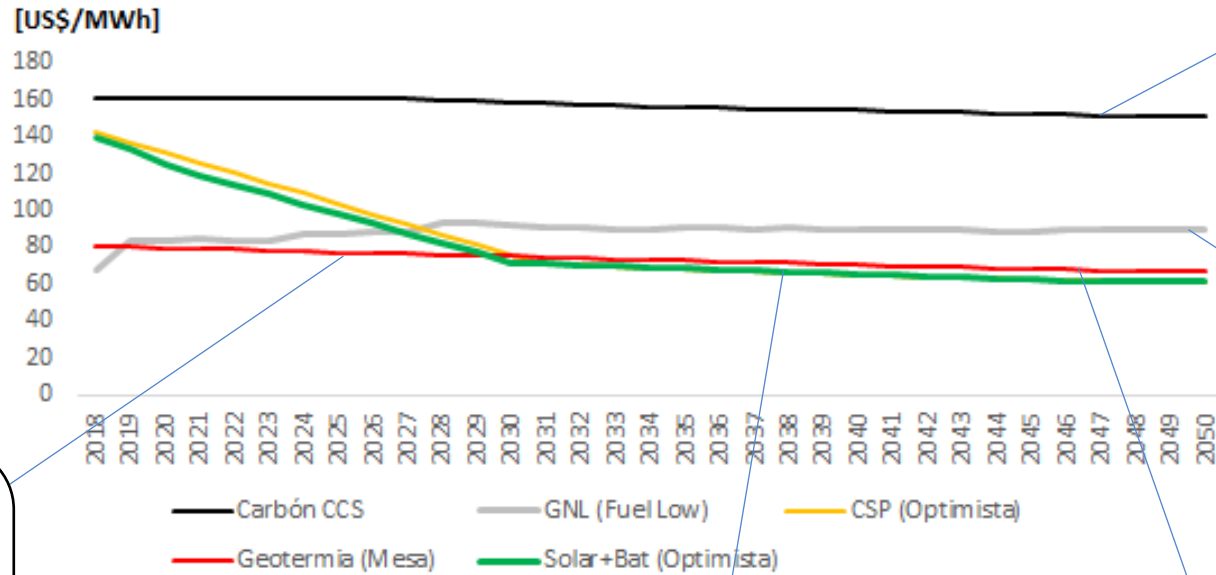
Comparación por LCOE para tecnologías de base

## Embalses

¿Es posible hacer nuevos embalses para generación?  
Capacidad limitada en centrales existentes.  
Incertidumbre hidrológica & cambio climático

## Geotermia

Riesgo exploratorio pero no tiene incertidumbre en la operación  
Reducción de costos en base a desarrollo de industria en el país.  
Se debe considerar desarrollo del campo, no solo de la unidad generadora.  
Fondos de mitigación de riesgo.  
"Revival" mundial de tecnología en el mundo



## Carbón

Centrales nuevas deberán considerar CCS.  
Centrales existentes deberán acogerse a calendario de decomisionamiento.

## GNL

Centrales deberán operar en modo ciclaje, lo que implica reducción en el factor de planta.  
Capacidad limitada en centrales existentes, pero ¿son competitivas las nuevas centrales?  
Incertidumbre en precio de GNL

## Solar CSP

Reducción de costos en base a desarrollo de industria a nivel mundial y saltos tecnológicos.  
Alta dependencia de calidad de recurso primario

## Almacenamiento + tecnología de carga

Se visualiza que combinación más competitiva será solar FV + Baterías  
Reducción de costos en base a desarrollo de industria a nivel mundial y saltos tecnológicos.

# *Mesa Geotermica-Resultados III*

## • **Resultados**

- **Potencial geotérmico del país: 3.500 MW.**
- **Desarrollo futuro del país proyecta alta penetración solar.**
- **Operación futura depende de tecnologías de base.**
- **Operación futura requiere flexibilidad para compensar intermitencia.**
- **Geotermia es una tecnología de base y flexible.**
- **Geotermia en ámbito de competencia con otras tecnologías de base.**
- **Descarbonización.**
- **Identificación y adaptación de instrumentos financieros para el desarrollo de la geotermia.**
- **Potencial de usos directos**
- **CNE facultada a conducir licitaciones de acuerdo con la necesidad de energía de base renovable.**



# Contexto Chileno

## Paradigmas Modelo Económico y de Energía

- Economía de libre mercado. Sin subsidios
- Neutralidad tecnológica

## Nuevas Variables del Sector de Energía Chileno

- 100% Renovables para el 2040 y carbono neutral para el 2050
- Descarbonización
- Intermittencia
- Trazabilidad
- Miembro del OCDE
- COP 21 y 25
- Desarrollo Regional
- Actualización ley 19.657 de geotermia
- Diversidad tecnológica
- Electro movilidad

## Desafíos de la Energía Geotérmica:

- Competir por contratos de suministro de energía de base y servicios auxiliares con:  
*Gas Natural, CSP, Bombeo y FV+Viento+Baterías*
- Substitución de la leña, parafina y GLP por calefacción distrital con geotermia

### Otros Desafíos

*Localización, líneas de transmisión, comunidades, prestadores de servicio*



ENERGY CREATIVE  
SOLUTIONS

## Conclusiones

- Las nuevas variables del sector de energía crean la necesidad de desarrollar la generación geotérmica
- Propuesta a la CNE y las prerrogativas legales de esta permiten desarrollar licitaciones que se adecuen a las características de la geotermia y las nuevas variables
- Nueva Ley impulsa usos directos lo cual abre una puerta importante para masificar su uso en Chile
- Uso de instrumentos financieros específicos para la geotermia (BID, KfW, etc) jugaran rol importante en este nuevo escenario
- La trazabilidad de los productos chilenos es una realidad que será un incentivo adicional para el desarrollo de esta tecnología

### **Repercusión Internacional de la Mesa Geotérmica**

- **Sus propuestas de políticas publicas son vistas como base para desarrollar la tecnología sin subsidios**
- **Invitado por el Secretario del SENER Mexico para presentar sus resultados**
- **Invitado por el Geothermal Resources Council para presentar sus resultados en su reunión anual de 2018**
- **Invitado a organizar la Mesa Geptermica Latinoamericana con GRC, KfW y otras multilaterales**



<http://www.minenergia.cl/mesa-geotermia/>

