

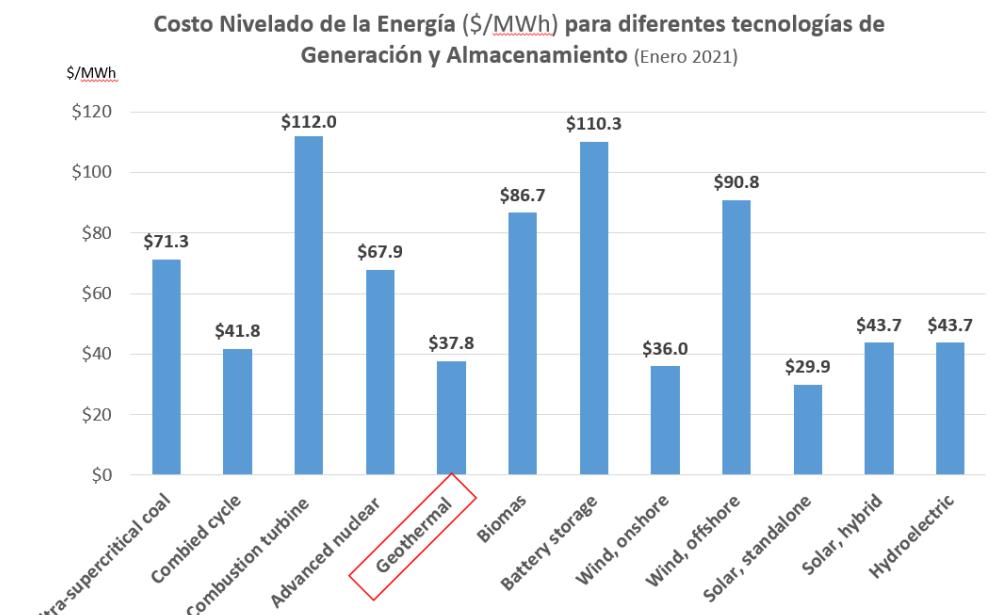
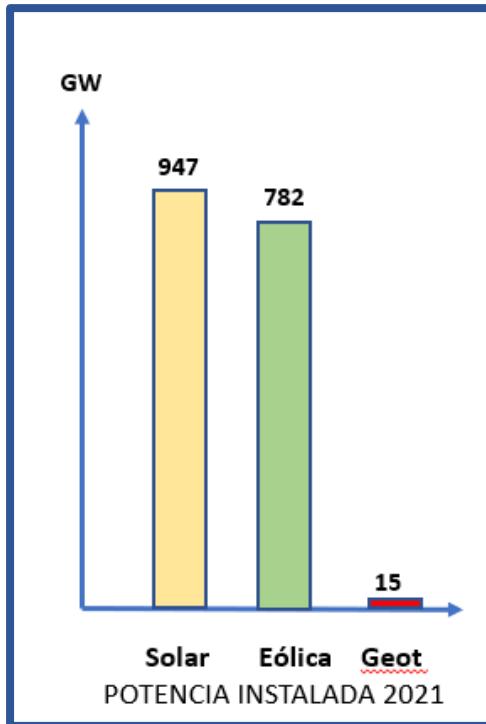
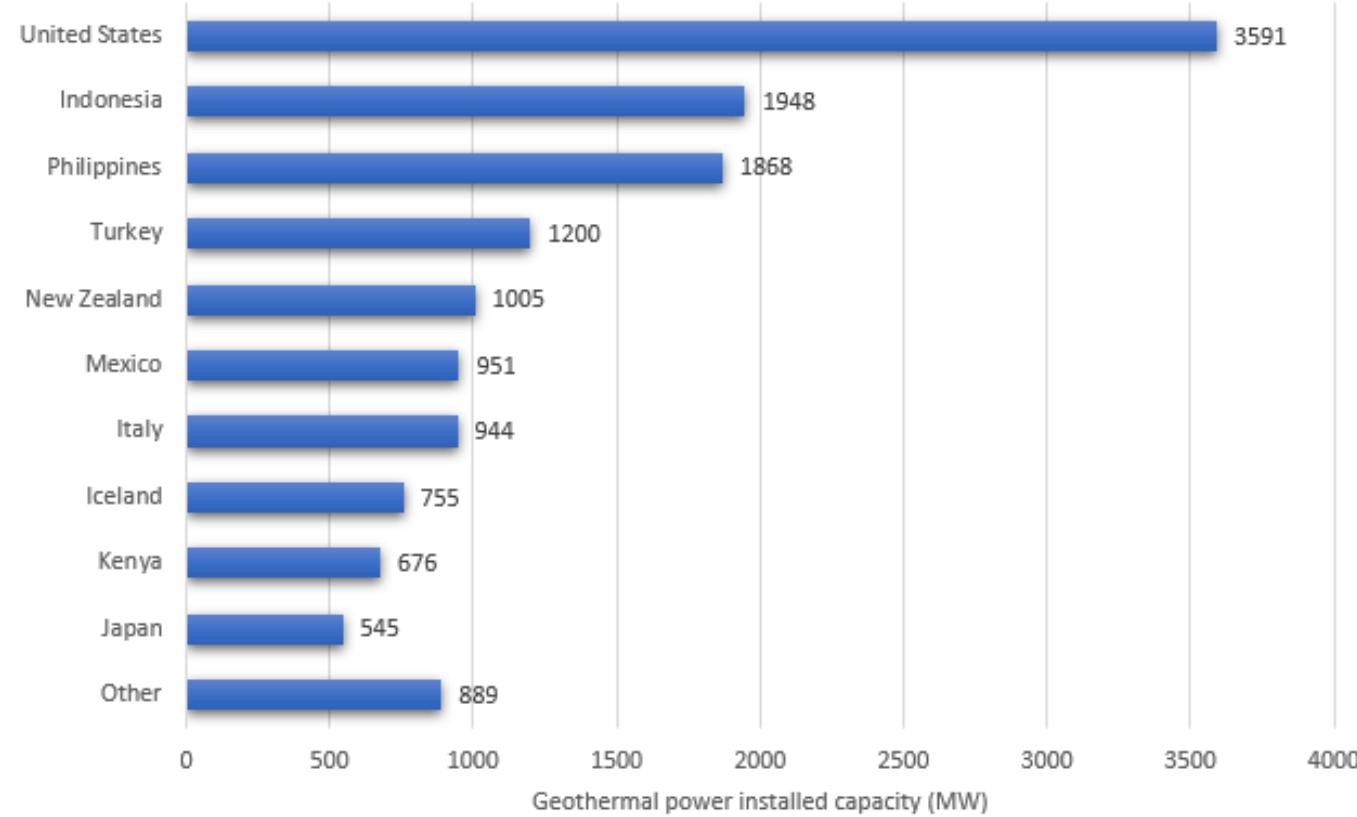
# COMEXI

## Un vistazo al potencial de la energía geotermia en México



**Gerardo Hiriart L**  
Asociado de COMEXI  
Director General de GeoKeri  
[ghiriart@geokeri.com](mailto:ghiriart@geokeri.com)  
9 de septiembre 2021

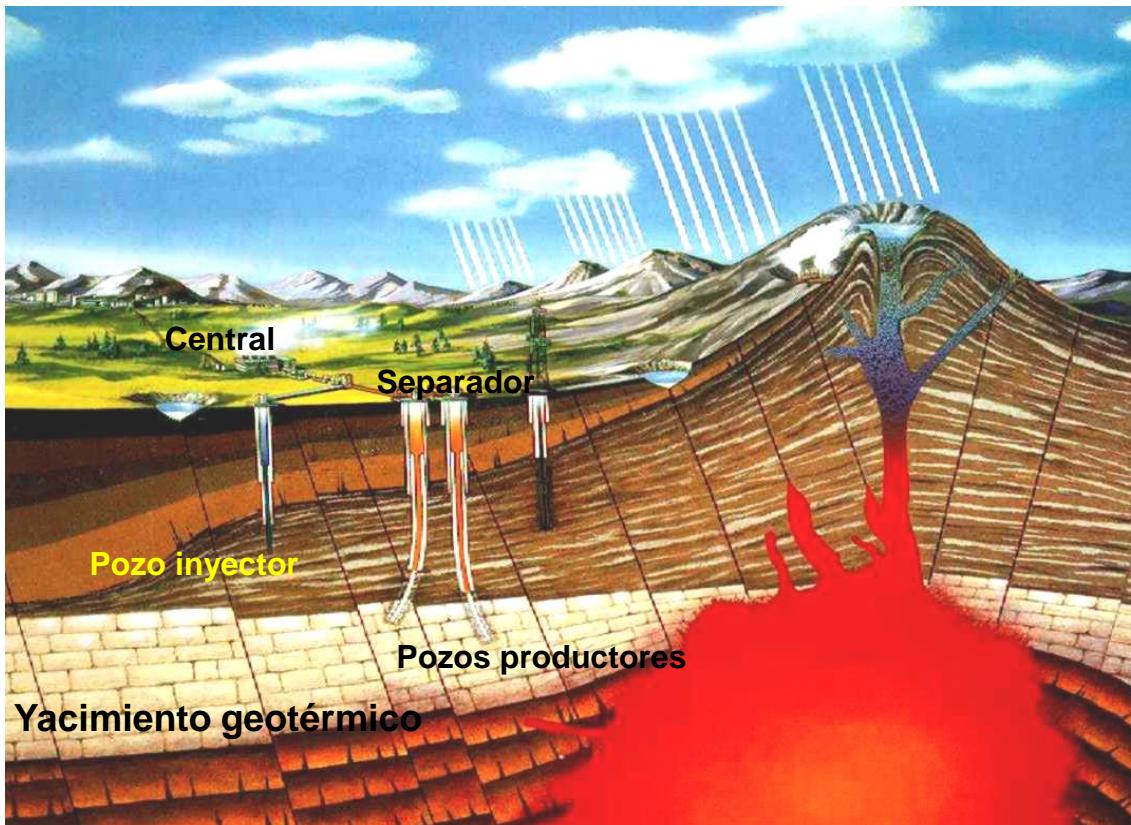
# Geotermia



Tomado de la US Energy Information Administration Annual Energy Outlook 2021 Tabla B2

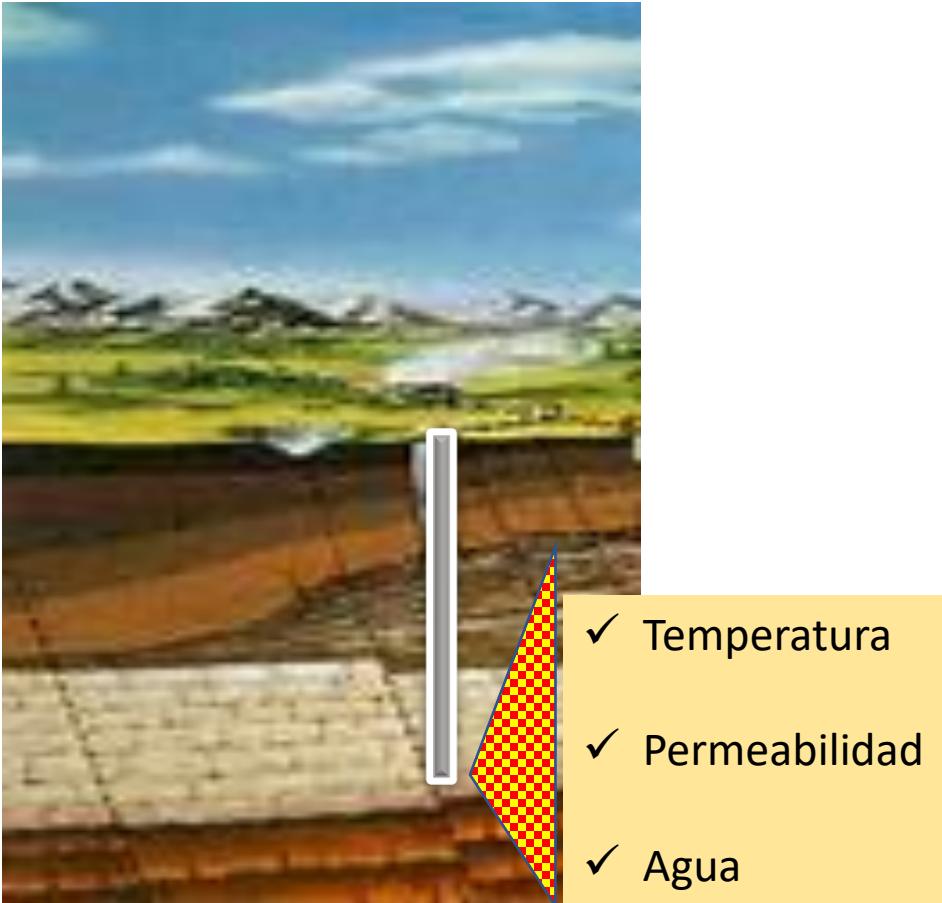
# Yacimiento geotérmico típico

- Volcanes que al hacer erupción, dejan una gran cantidad de lava atrapada a unos 1000°C
- Durante miles de años esa lava calienta los acuíferos cercanos llegando a unos 300°C

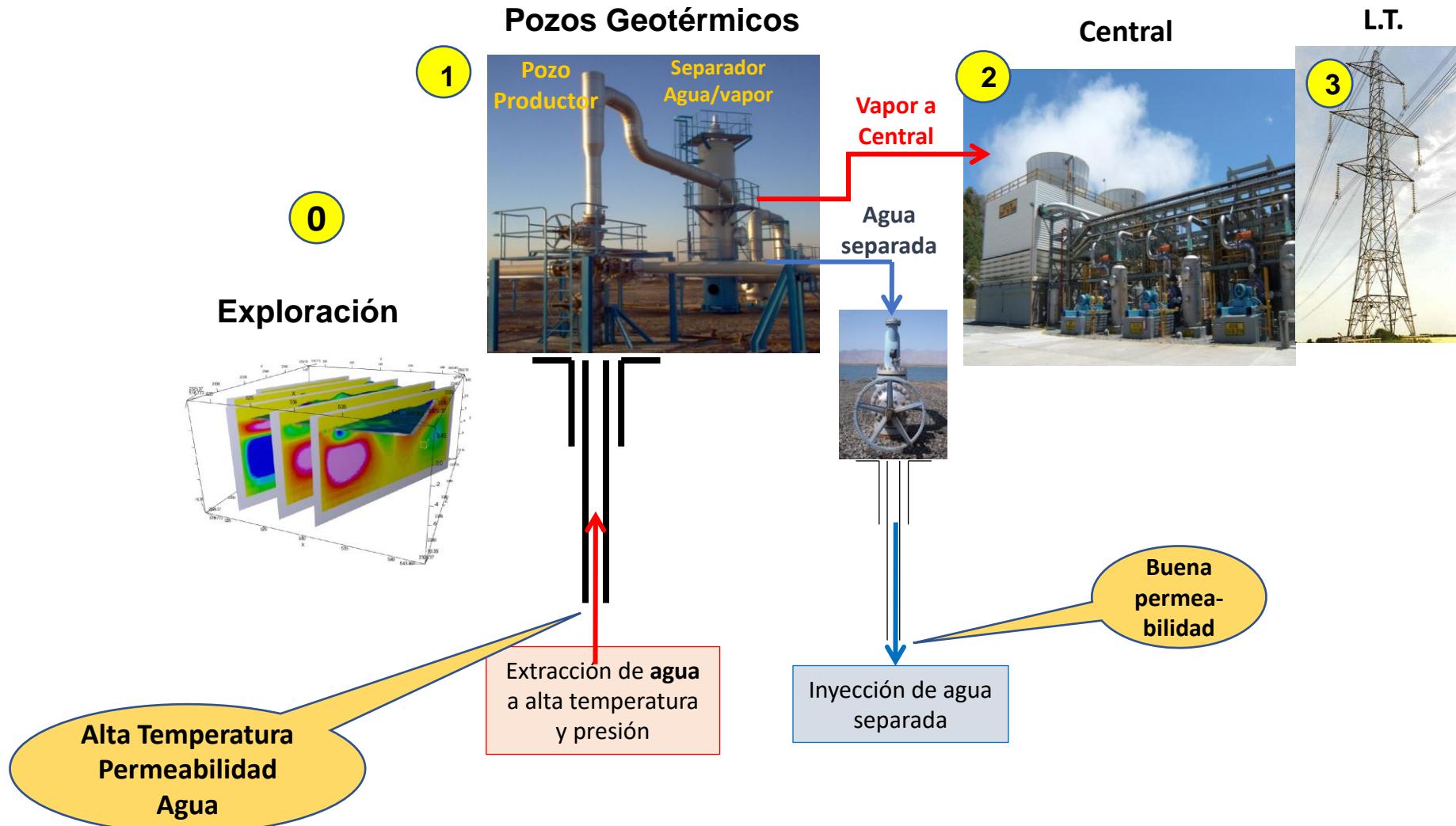


- Se perforan pozos de unos 2000 m hasta el yacimiento
- Se extrae y separa en superficie el agua del vapor
- El vapor se envía mediante tuberías a las turbinas de la Central
- El agua separada (que contiene muchas sales) se reinyecta al yacimiento

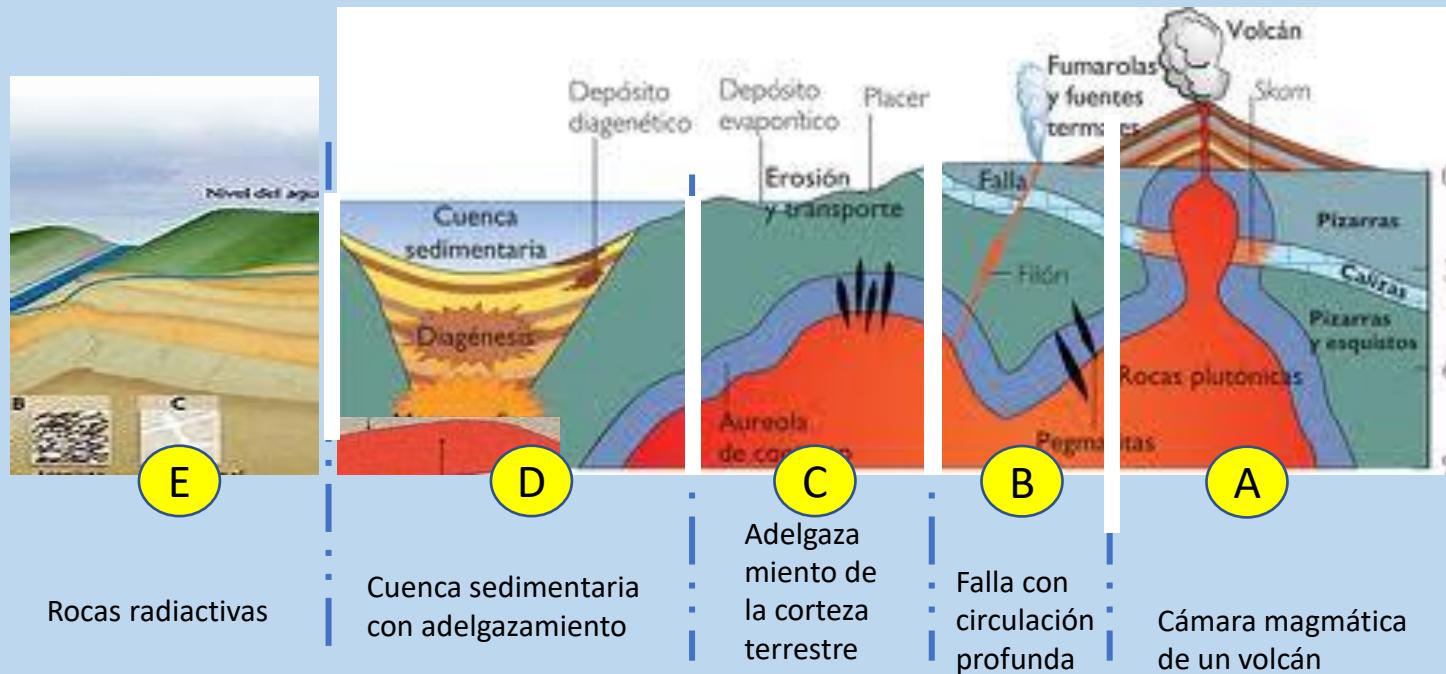
# Pozos geotérmicos



# Etapas de un Proyecto Geotérmico



# Por qué se calienta el agua del substitutione....



# Prospección Geoquímica

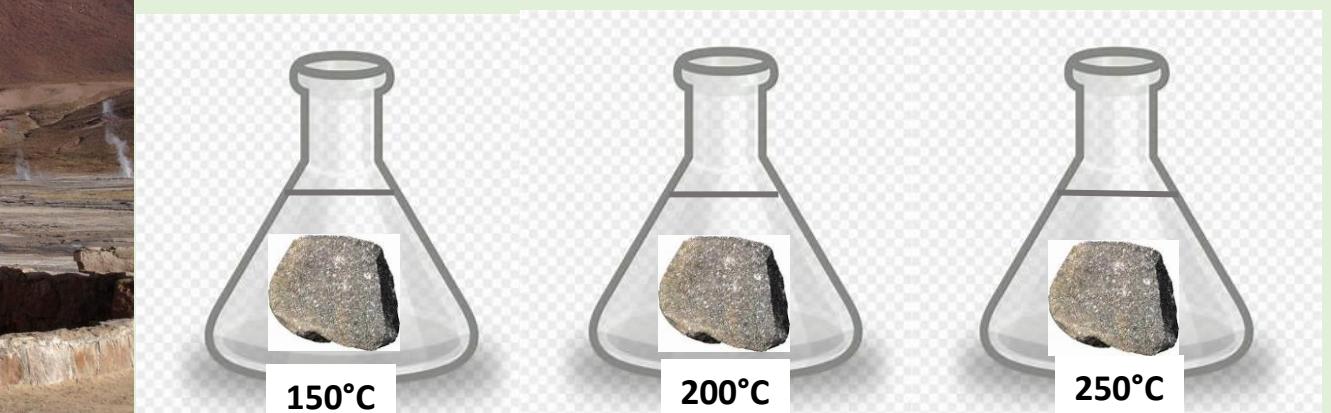
(Qué Temperatura hay en el subsuelo)

Con la información geoquímica se calcula la Temperatura de fondo y se puede elaborar el catálogo preliminar de recursos geotérmicos de un país

## Recursos geotérmicos de México

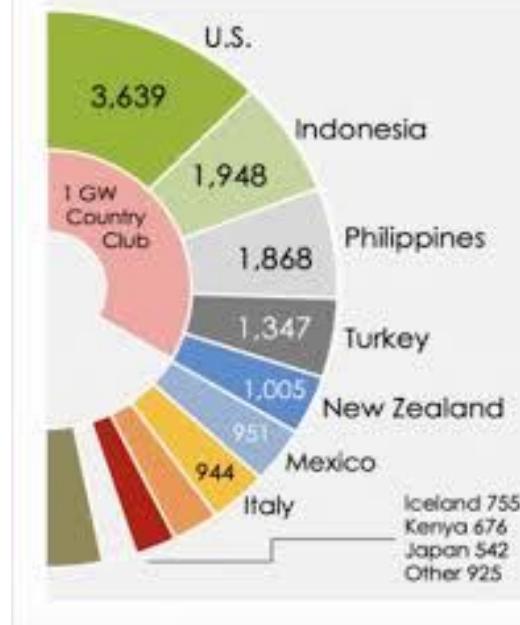


- Dejar durante 100 mil años
- Se disuelve Na, K, Ca, Si, ...
- Con la proporción entre ellos se calcula la Temperatura de Geotermómetro





# México ocupa el sexto lugar mundial en potencia geotérmica instalada



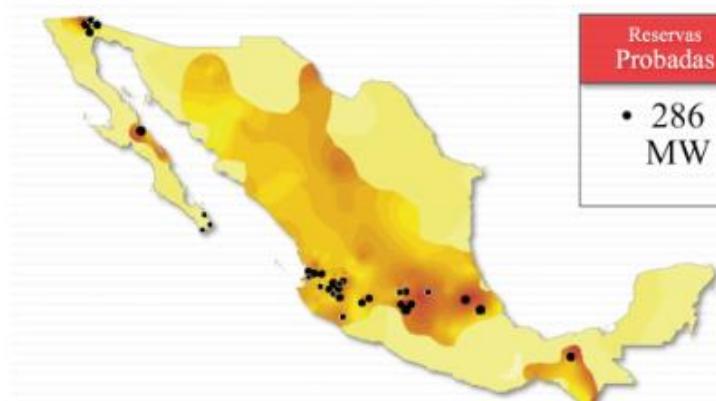
# El futuro de la generación geotermoeléctrica en México



13 áreas con Permiso de Exploración para CFE

14 áreas con Permiso de Exploración para Privados

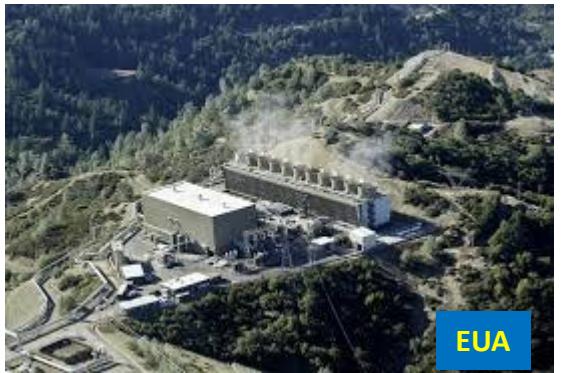
## Potencial de México en energía geotérmica



Reservas Probadas  
• 286 MW

Reservas Probables  
• 5,730 MW

Reservas Posibles  
• 7,422 MW

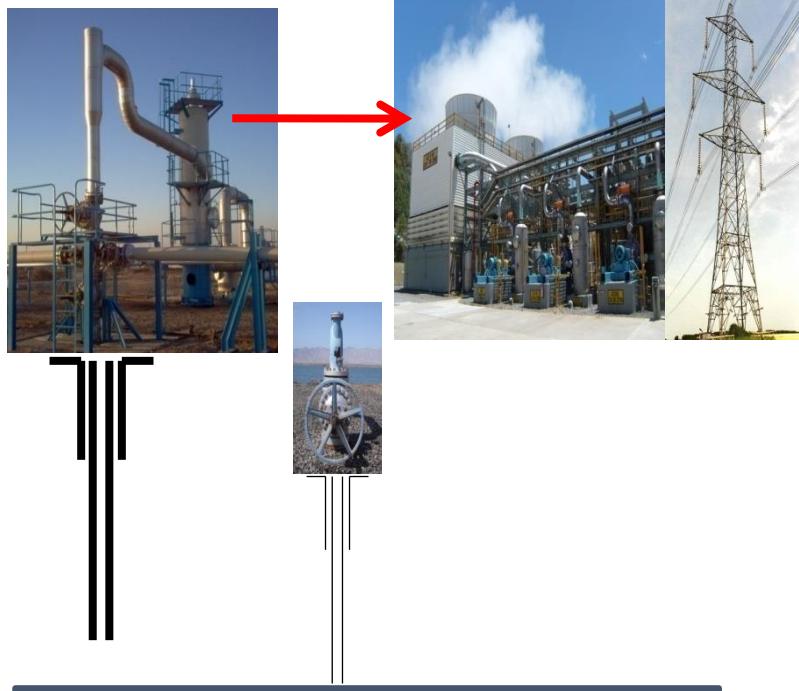


**GeOK'ERI**  
INNOVANDO EN INGENIERÍA



Centrales de algunos de los principales generadores de energía geotérmica

# Proyecto Geotérmico Típico



Energía Eléctrica Generada en un año:  
 $50 \times 0.9 \times 8760 = 394\,000 \text{ MWh}$   
Inversión \$150 M  
Ingresos estimados \$30 M/año

Costo nivelado de la Energía (LCOE)

$$\text{Costo Nivelado} = 155/(394 \times 9.42)$$

Capex= 40 \$/MWh

O&M= 10 \$/MWh

LCOE= 50 \$/MWh

## Central 50 MW

Inversiones muy aproximadas a precios de 2019  
(Millones de dólares)

ACTIVIDAD	Monto \$M
Estudios preliminares y pruebas	3
Pozos Exploratorios (3x\$2M)	6
Pozos Productores (7x\$6M)	42
Pozos Fallidos (2x\$3M)	6
Pozos Inyectores (2x\$3M)	6
Terrenos, permisos, ingeniería	3
Caminos, vaporductos Infraestructura	4
Central geotérmica	75
Línea de transmisión	5
<b>Total (\$M)</b>	<b>150</b>



Planta BPU 0.5 MW de monitoreo continuo y generación anticipada  
Diseño propio, Premio PRODETES

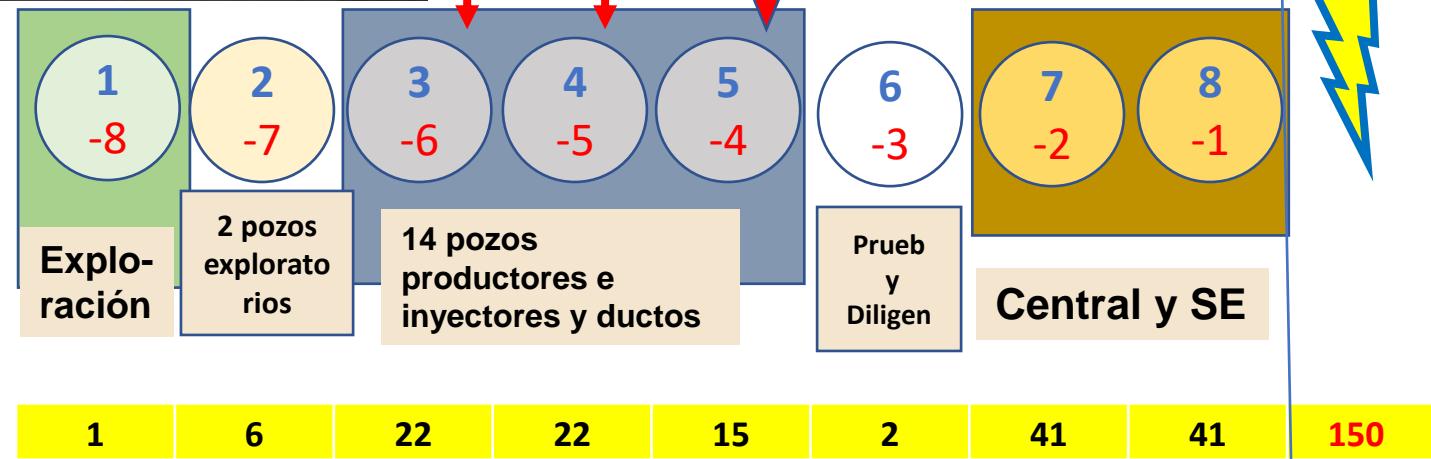


Plantas BPU de 5 MW  
Poco eficientes económicas

Plantas Binarias y eficientes  
Módulos de 12.5 MW  
(fabricar cien en México)



**50 MW**  
**394 GWh/y**  
**40 mdd/y**



Erogaciones anuales mdd

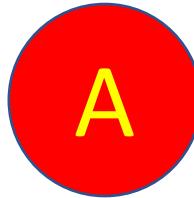
1      6      22      22      15      2      41      41      150

FVP al 10%

2.14      1.95      1.77      1.61      1.46      1.33      1.21      1.1

VP con tdd del 10%      2.14      11.7      38.94      35.4      21.9      2.66      49.6      45.1      207

# Requisitos para desarrollar un proyecto geotérmico



## Que exista el recurso geotérmico

- Alta Temperatura
- Agua
- Permeabilidad

Riesgo de encontrar lo realmente esperado

PGM  
BID SENER

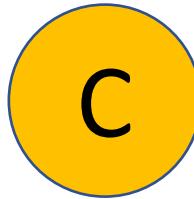


## Costo estimado del proyecto

- Cuánta potencia puedo instalar
- Tipo y Costo de la Central
- Cuántos pozos se van a requerir
- Costo estimado de todo el proyecto

Costo del MW instalado y del MWh generado

\$3000/MW  
\$50/MWh



## Viabilidad social-ambiental-financiera

- Impacto social y ambiental
- Costo de generación del MWh
- Contrato venta de energía.

## A quién le vendo la energía

- Venderla en el MEM
- PPA con otro privado
- Venderla en una Subasta de largo plazo
- Auto abasto

Pago servicios conexos

# La geotermia en México

Cerro Prieto, BC	570 MW
Los Azufres, Mich	250 MW
Los Humeros, Pue	110 MW
Tres Vírgenes, BCS	10 MW
Domo Sn Pedro, Nay	35 MW
En licitación	25 MW
<b>Total</b>	<b>1000 MW</b>

En 2019 generó 5 TWh (1.6%)

## La geotermia, una energía muy mexicana

- Ocupó el tercer lugar mundial en Potencia Instalada
- Suministraba 70% de la energía del anillo BC
- Se cuenta con un gran número de técnicos, proveedores, ingenieros y científicos especializados en geotermia
- Se han perforado más de 400 pozos profundos
- Actualmente producen 200 pozos

CFE extrae del subsuelo 1.3 mbd de agua caliente



Los principales problemas que enfrentan las plantas actuales se originan en la **química del fluido geotérmico**:

- Mezcla geotérmica (incrustación de pozos)
- Salmuera separada (Precipitación)
- Vapor geotérmico (Pureza)
- Condensado de vapor (Corrosión)

# Aportaciones de la energía geotérmica

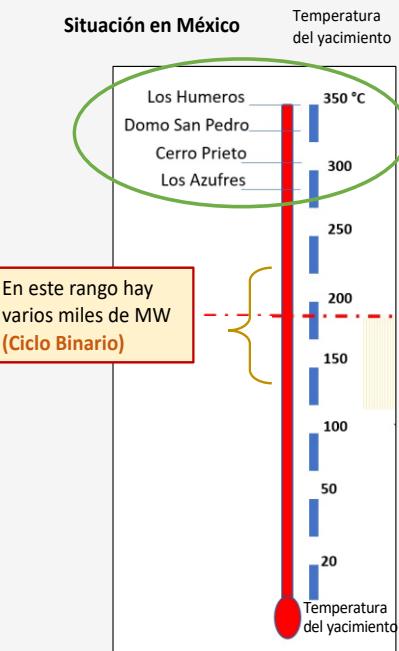
1. Es energía permanente y constante  
*(sin intermitencias ni fluctuaciones)*
2. Es limpia y renovable
3. No consume agua de enfriamiento
4. Se puede usar el calor residual en otras aplicaciones (cogeneración)
5. Es abundante en México
6. En México; experiencia de 50 años
7. Se pueden recuperar sales valiosas de la salmuera geotérmica
8. Puede vender CEL
9. Puede vender capacidad firme
10. Puede vender servicios auxiliares



# Re-pensar la Geotermia

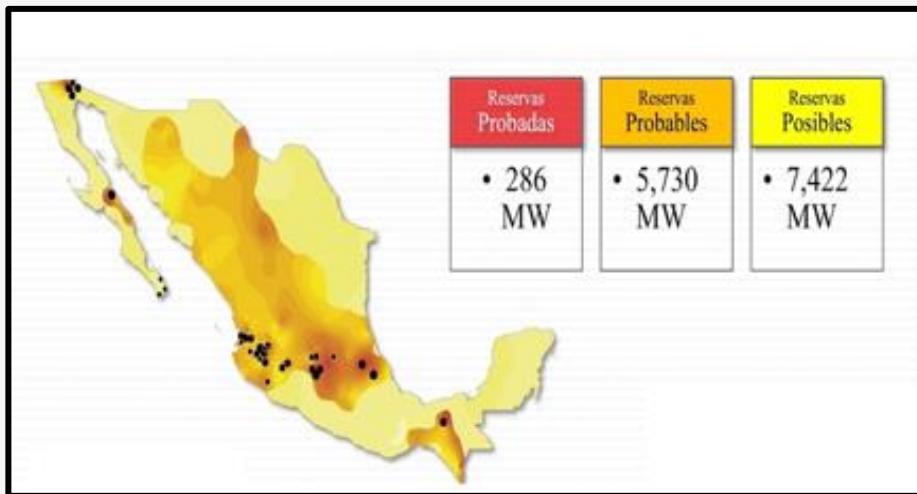


Aprovechamiento de recursos de todas las temperaturas



Geotermia:

- ✓ Una energía limpia, permanente y sin fluctuaciones
- ✓ Abunda en algunos países
- ✓ Es económica y confiable



- Se puede incrementar la potencia de actual de 1,000MW a **3,000 MW**
- Iniciar campaña con plantas pequeñas
- Fomentar usos directos y bombas de calor
- Probar la Geotermia submarina



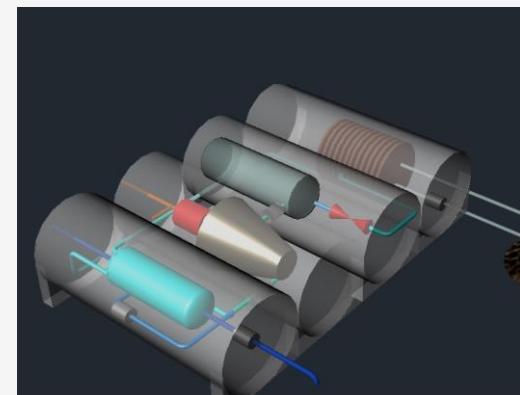
Desarrollos nacionales



Generación temprana boca-pozo



Generación en manantial sin perforar pozo; Impresa en 3D



Generación geotérmica submarina

# Poblado eléctricamente aislado: Maguarichi, Chihuahua



## Caso Maguarichi

- Poblado de 500 habitantes sin LT
- Energía con planta diesel (4 horas)
- Hábitos de consumo muy diferentes
- Energía más barata si se usa constante. Por horas, no

## Problemas:

- Pago de la luz
- Operario entrenado
- Asistencia del fabricante de la planta en caso de fallas
- Visita de un técnico para 300 kW muy cara
- Se suspendió el proyecto cuando llegó la LT al poblado



# Geotermia de baja entalpía

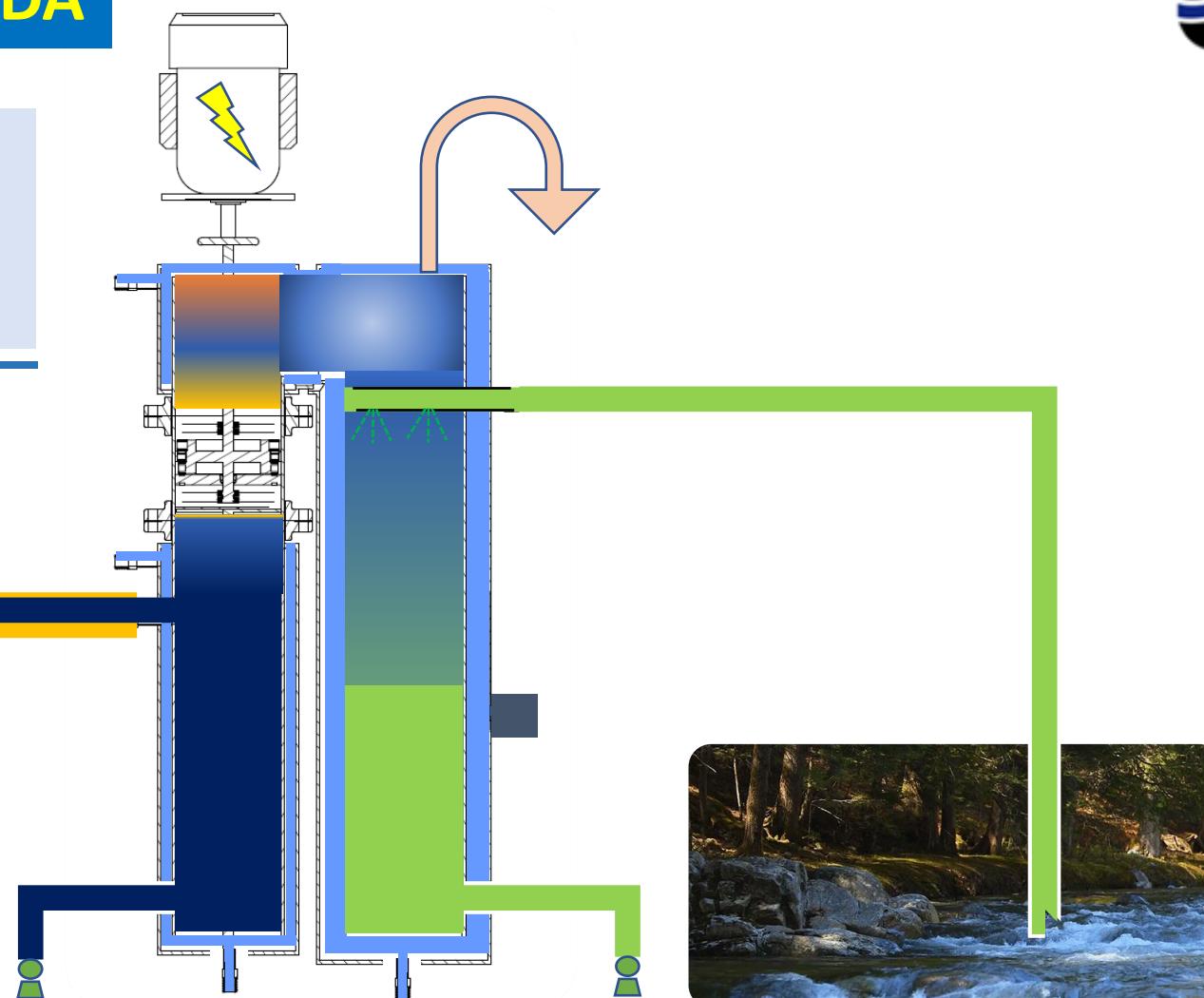


Fotos tomadas de los reportes del proyecto Impulsa de la UNAM

## Micro generador geotérmico 5 kW



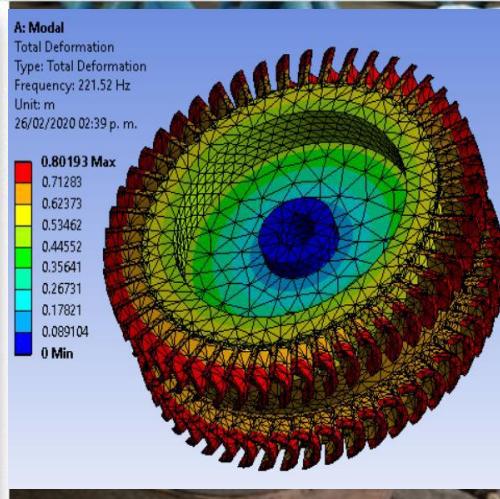
Fuente caliente



Fuente fría

- No se perforan pozos
- No se usan intercambiadores de calor

# Micro generador geotérmico de 5kW, que funciona con agua caliente de manantiales



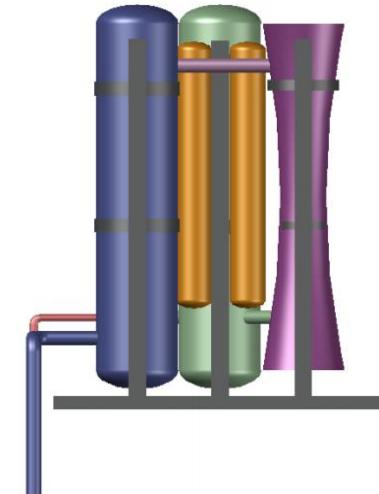
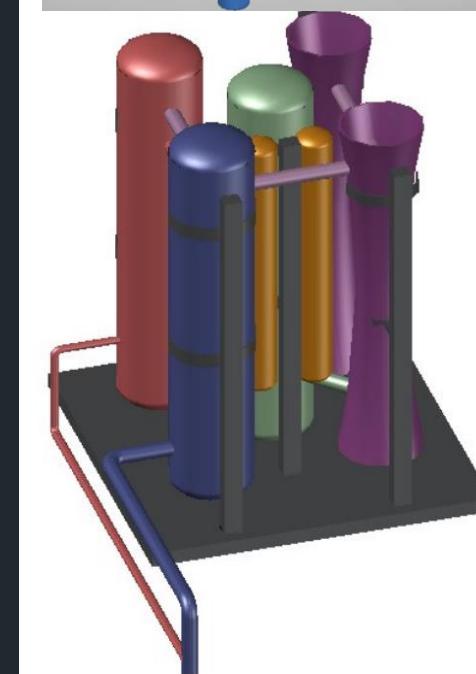
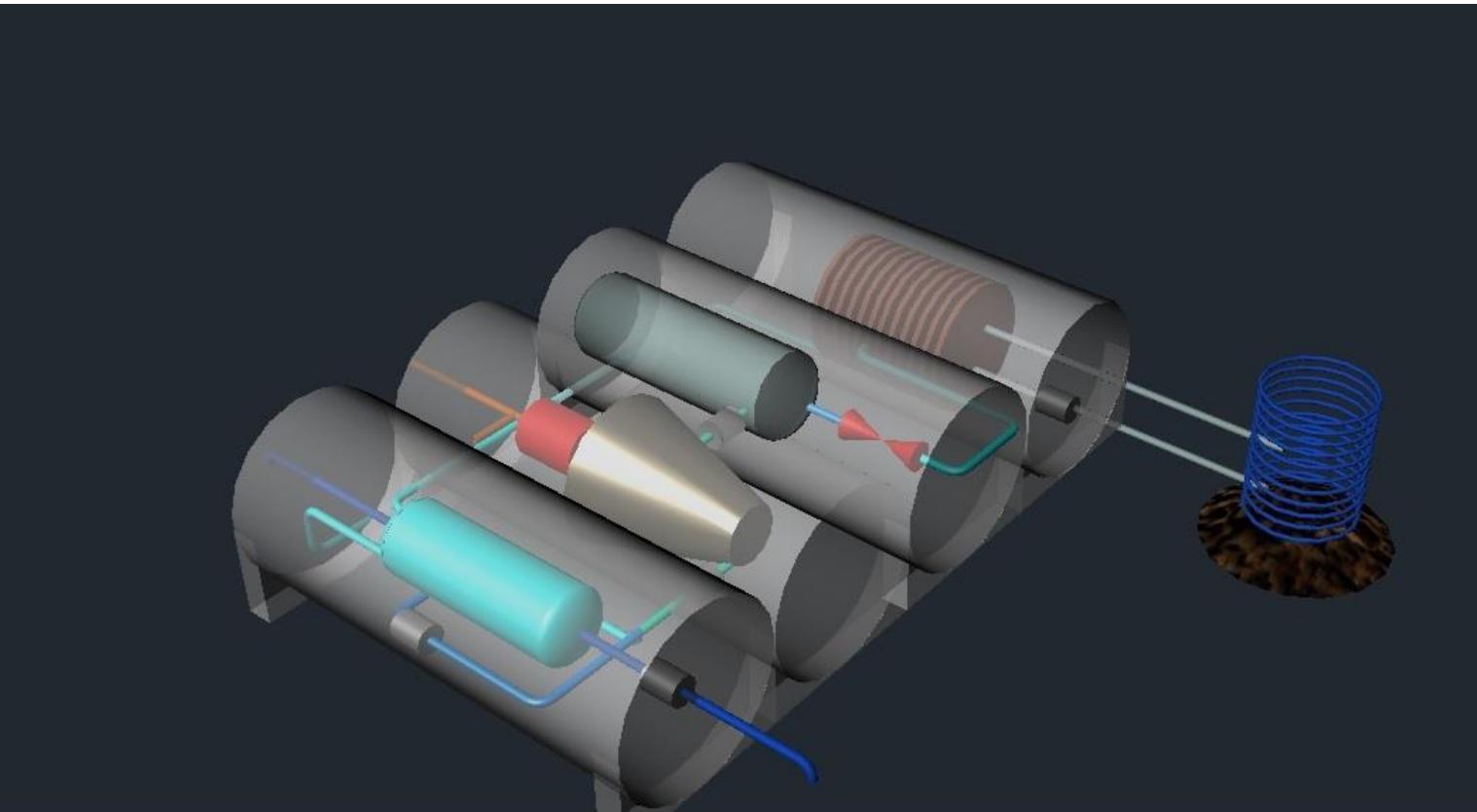
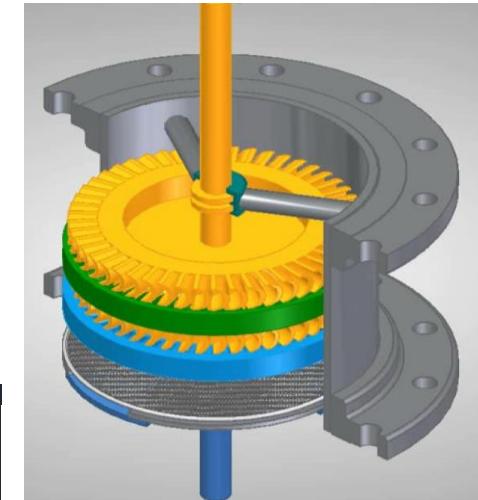
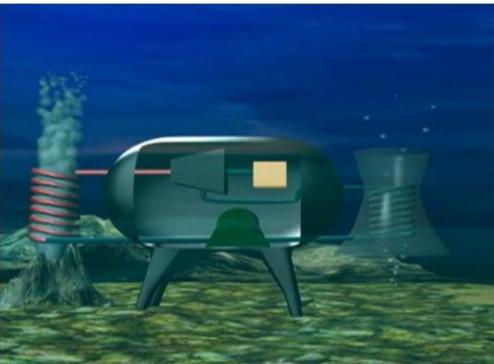
## Energía de las ventilas submarinas

# Generación geotérmica submarina



Con un generador submarino se pueden obtener potencias de 1 a 20 MWe

# Equipos segmentados, en tubos independientes de poco diámetro



Blue	Pumping module
Red	Heat exchangers module
Green	Turbogenerator and control module
Purple	Condenser modules
Orange	Ballasting and Floating control module

## Otros usos (no eléctricos) de la geotermia

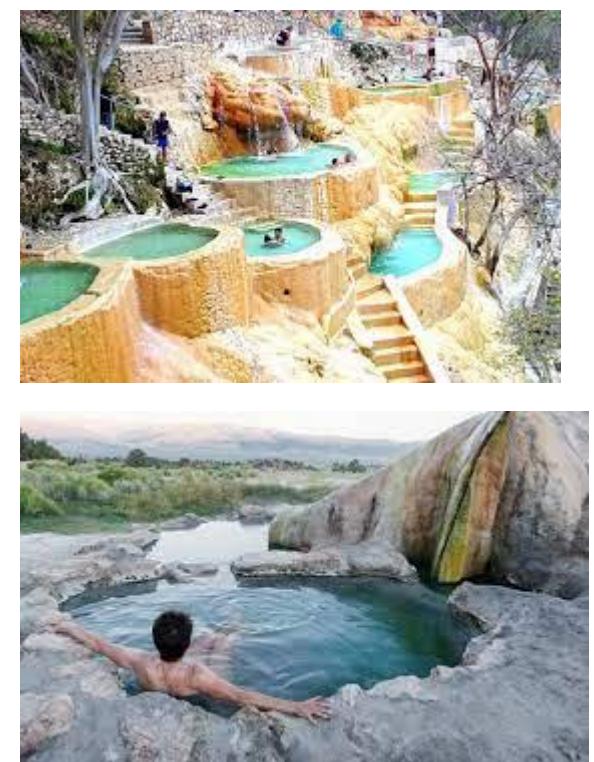
### Balnearios mexicanos



Laguna Los Azufre Mich



Talantongo, Hgo





Blue Lagoon

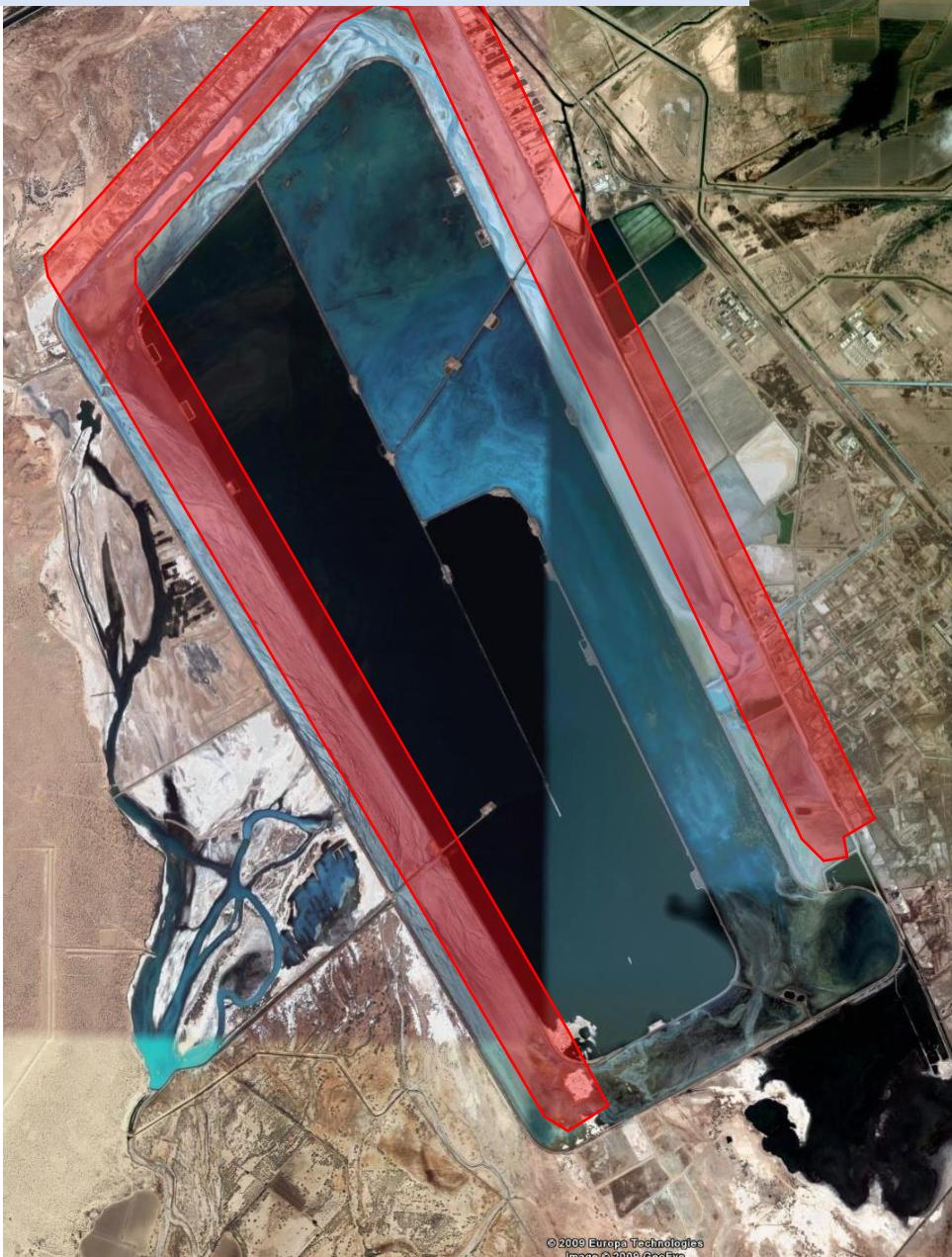
## Islandia



## Hungría



# Recuperación de sales



Se han realizado muchos estudios de recuperación de sales en la Laguna

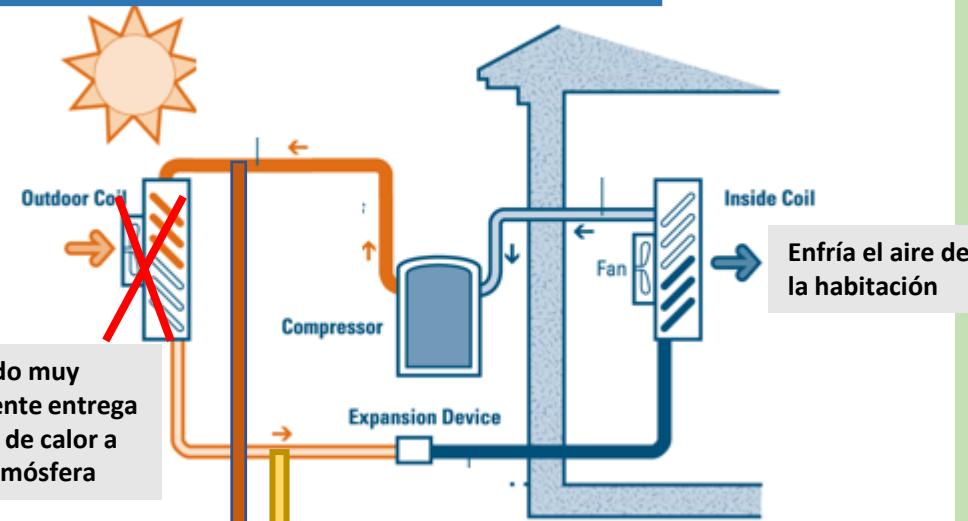


Sales recuperables	Ton/año
Cloruro de Sodio	500,000
Cloruro de Potasio	100,000
Cloruro de Litio	4,000

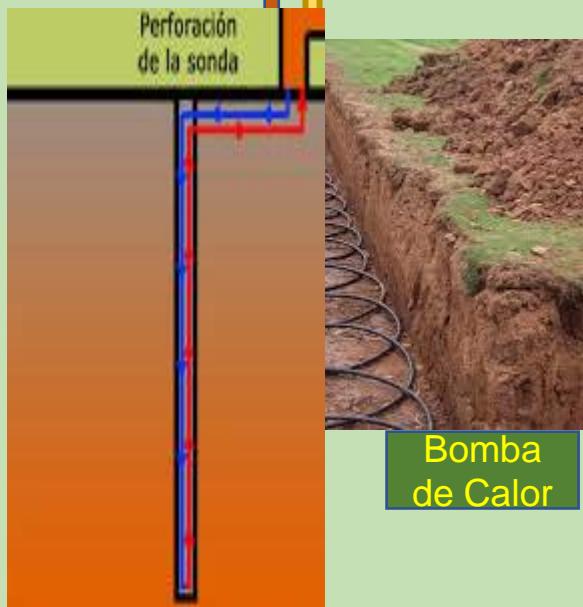
# Aire acondicionado y bombas de calor



Alto consumo de energía eléctrica  
Poco eficiente en días de mucho calor



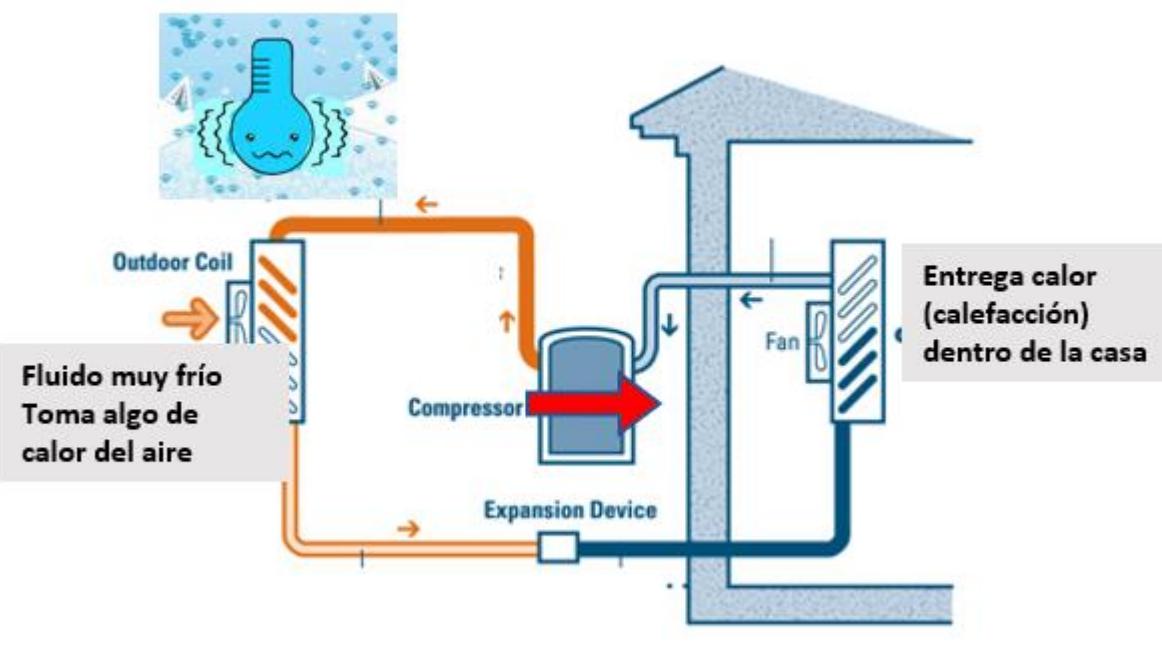
Se elimina el ventilador  
La temperatura del subsuelo es casi constante todo el año (invierno y verano)



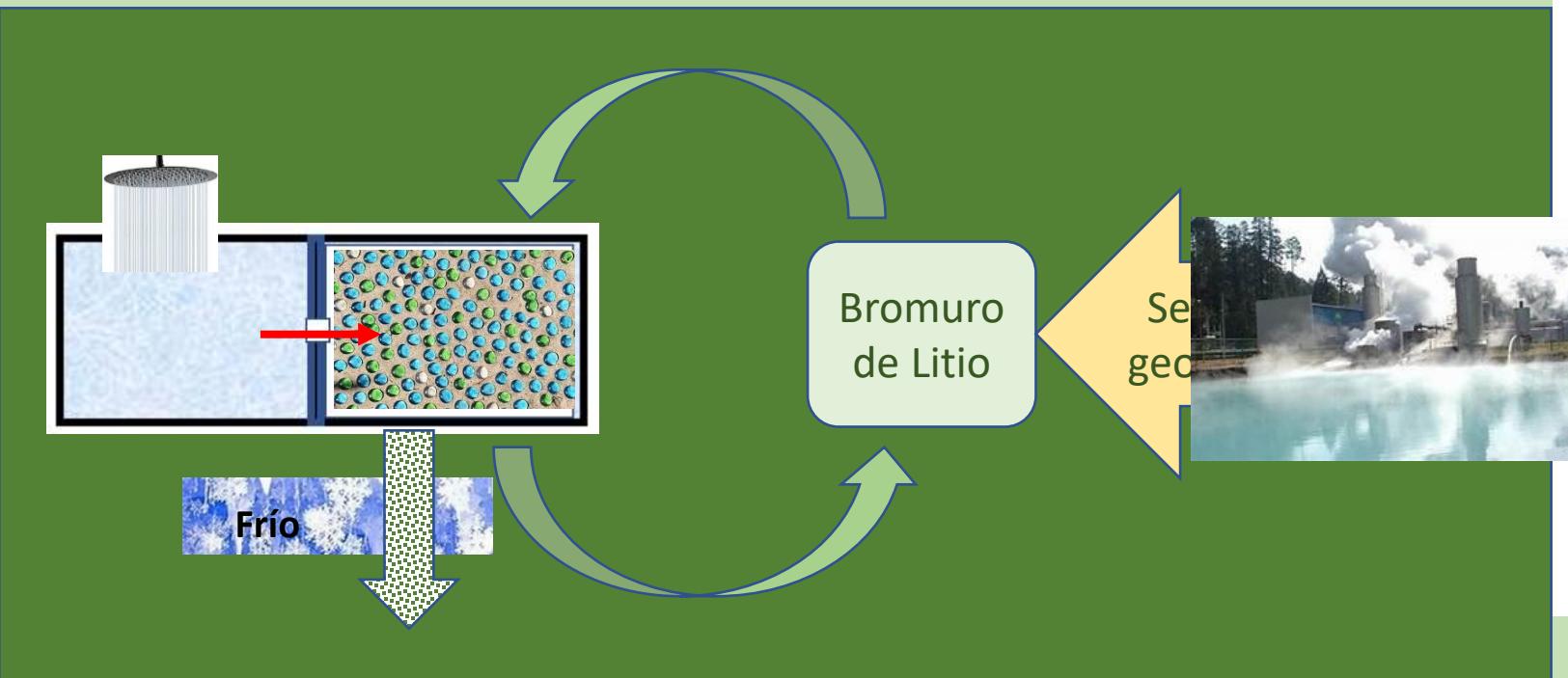
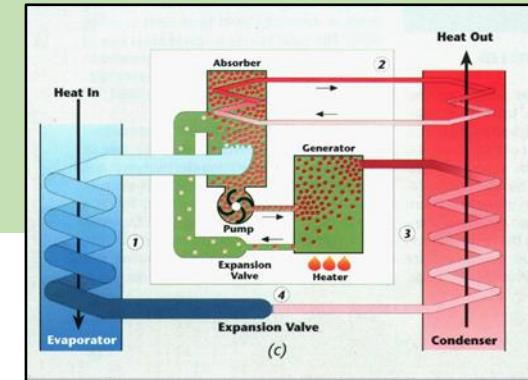
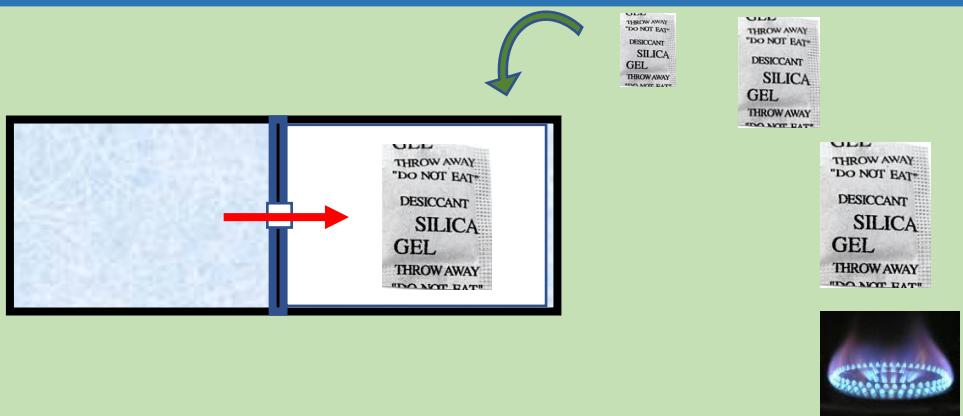
## Aire acondicionado normal

Reemplazado por bomba de calor geotérmica

Se invierte el flujo y funciona como calefacción en invierno



# Cómo funciona un “Chiller” o enfriador por absorción



**LiBr Absorption Heat Pump**

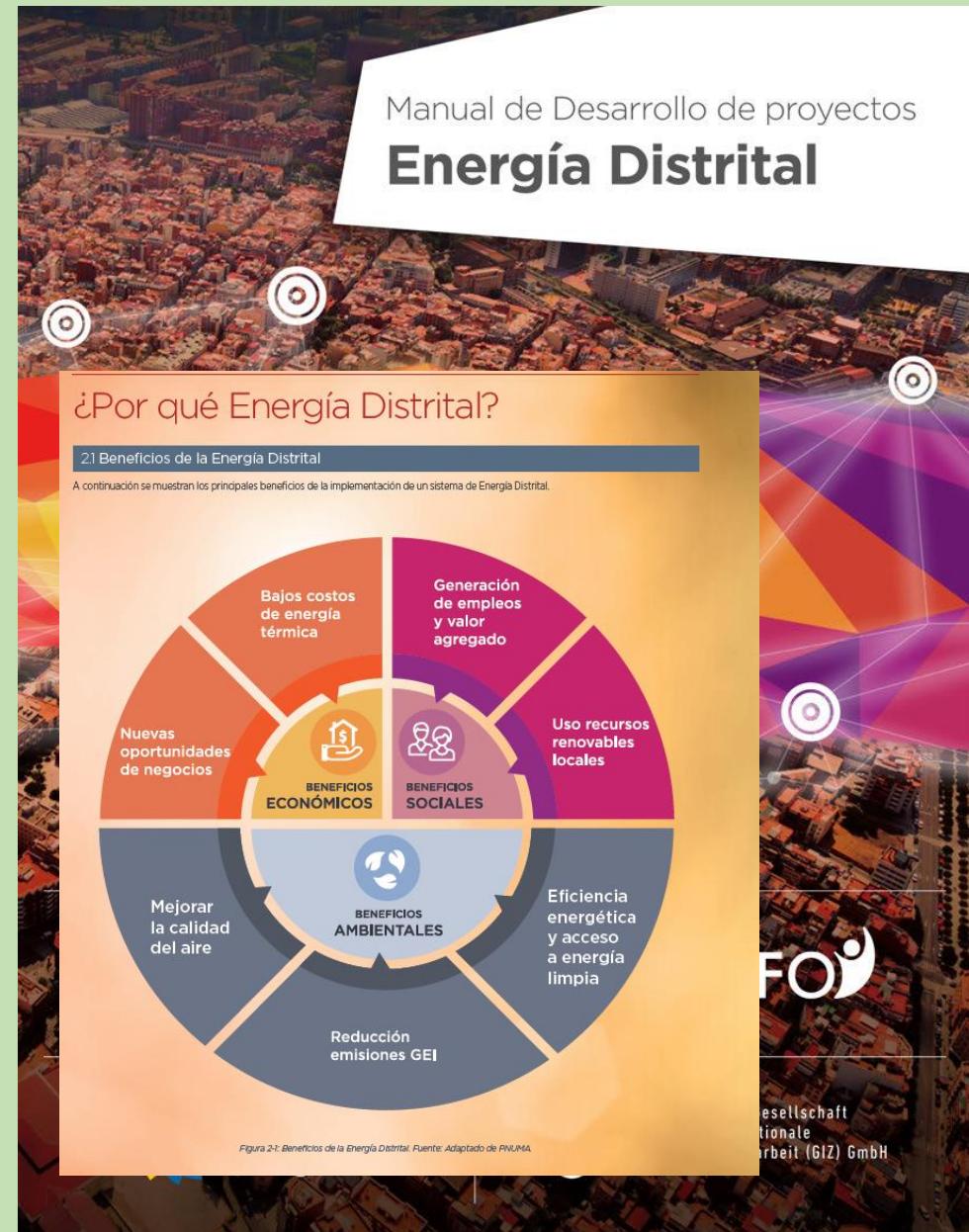
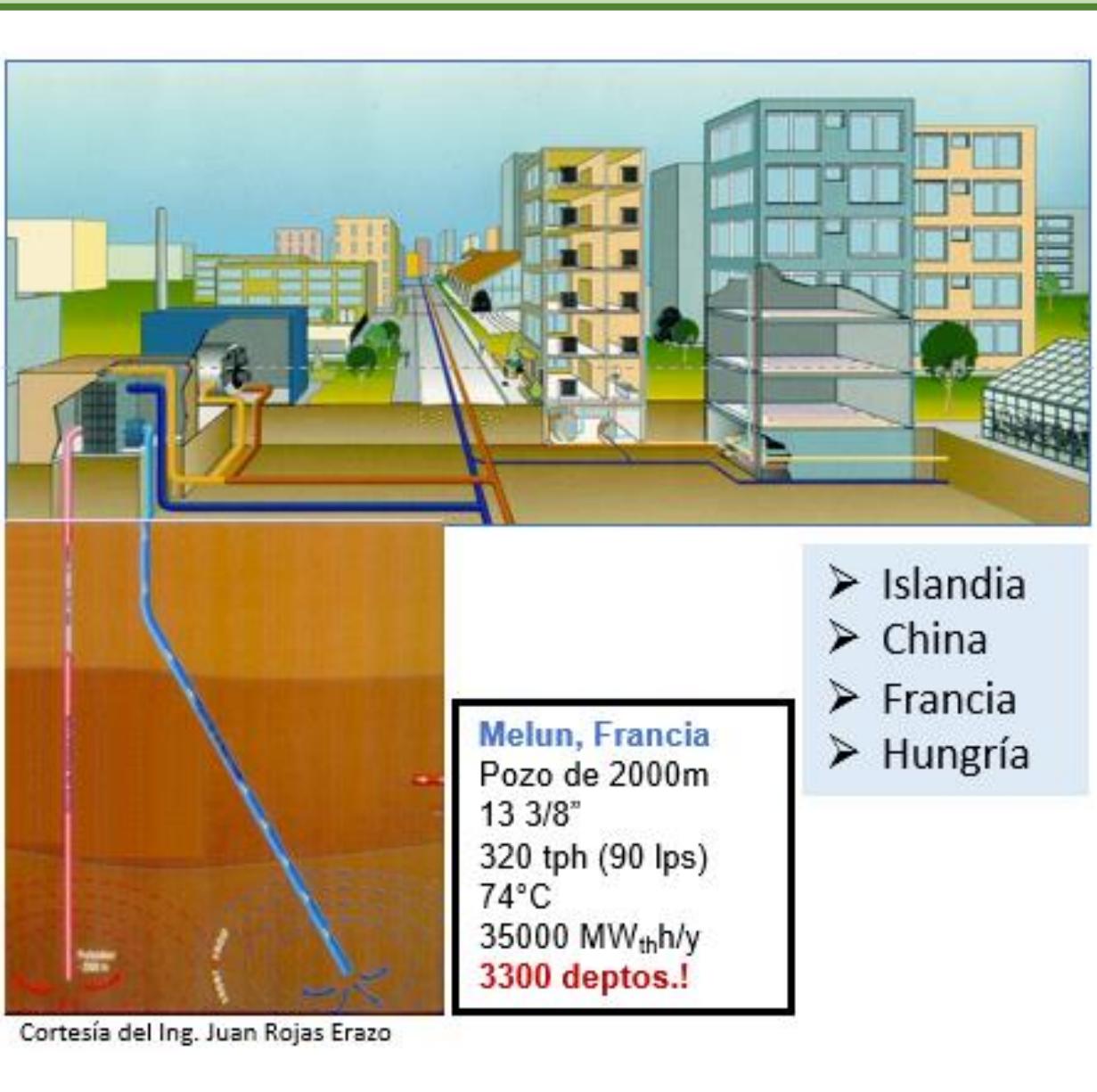
Brand Bingsheng

Product origin China

Delivery time 60-90days

Supply capacity 3000 set/year

# Calefacción y aire acondicionado distrital



# Agua caliente a largas distancias



VST

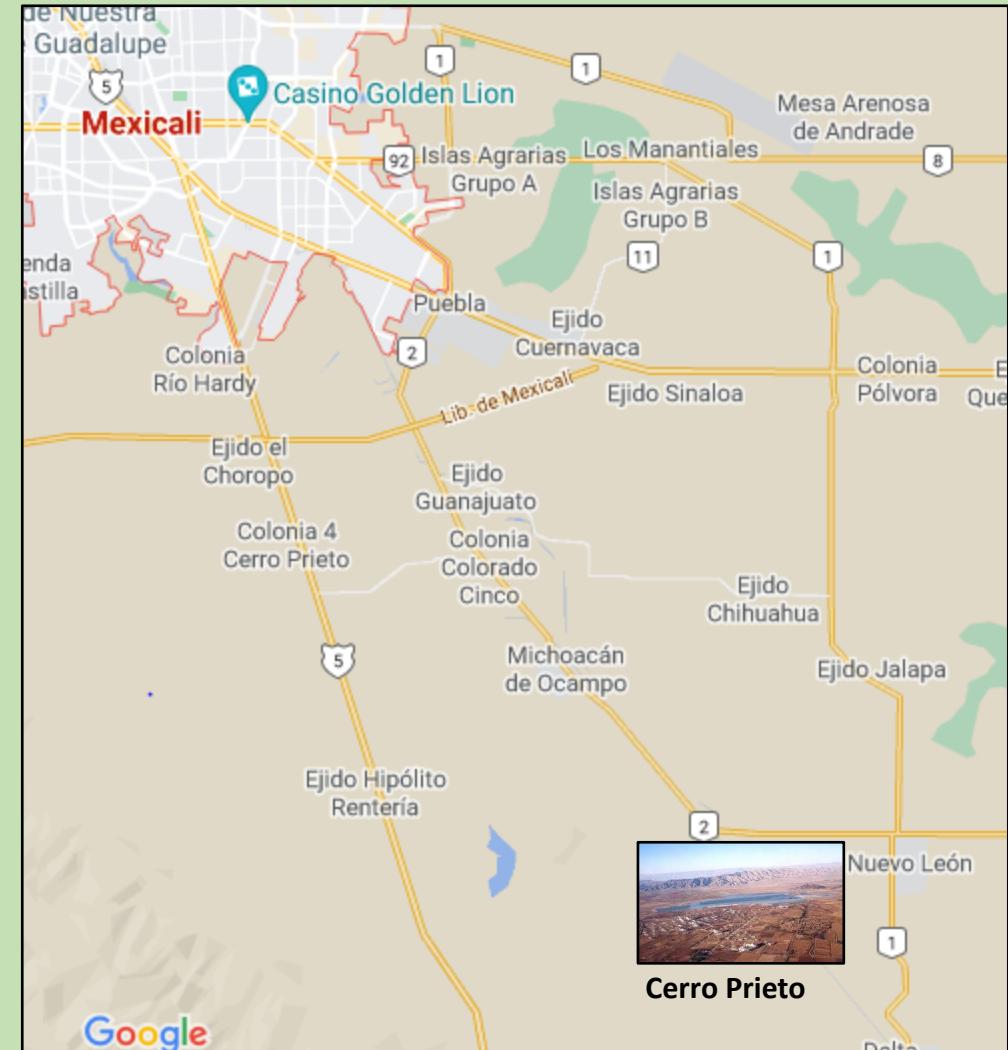


Long Distance Transmission pipelines for  
Geothermal waters in Iceland (20-60 km)

## OVERVIEW

- *Introduce long pipelines for geothermal water in Iceland.*
- *1) Husavik, 19 km pipeline, DN350 mm*
- *2) Akranes-Borgarnes 62 km pipeline, DN450 mm*
- *3) Reykjavík Energy, 23 km pipeline, DN900 mm*
- *4) Small rural district heating systems using long pipelines*
- *Conclusions.*

Possible aprovechamiento del calor residual  
geotérmico para calefacción y aire acondicionado



Hay algunos volcanes que guardan calor por  
muchos años y calientan el agua de los acuíferos



Muchas gracias por su atención

[ghiriart@geokeri.com](mailto:ghiriart@geokeri.com)