

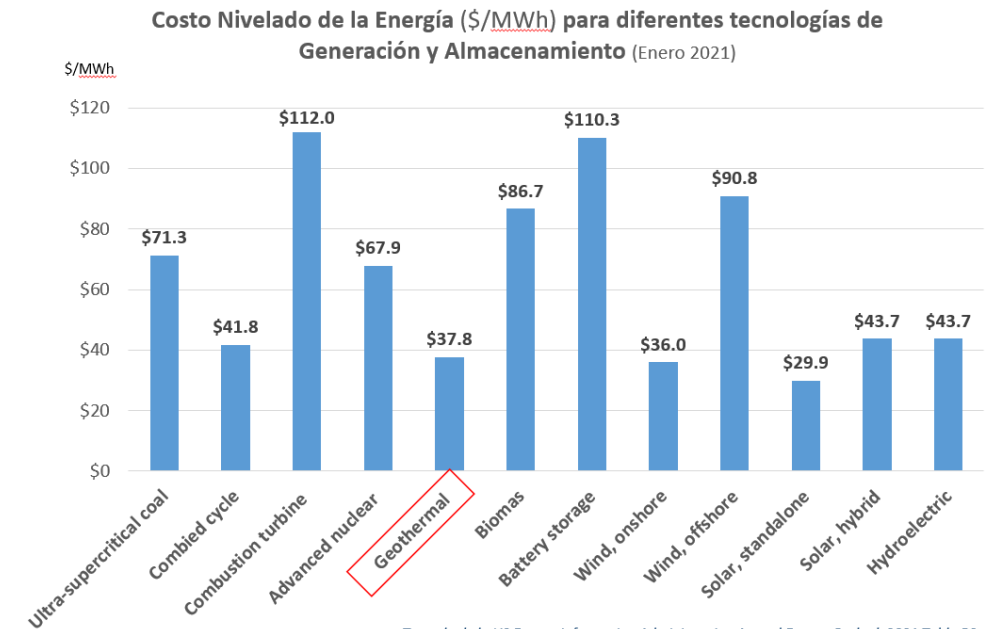
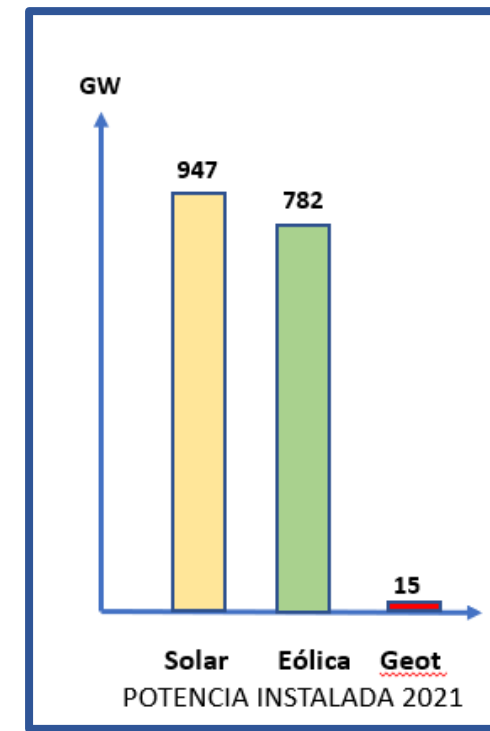
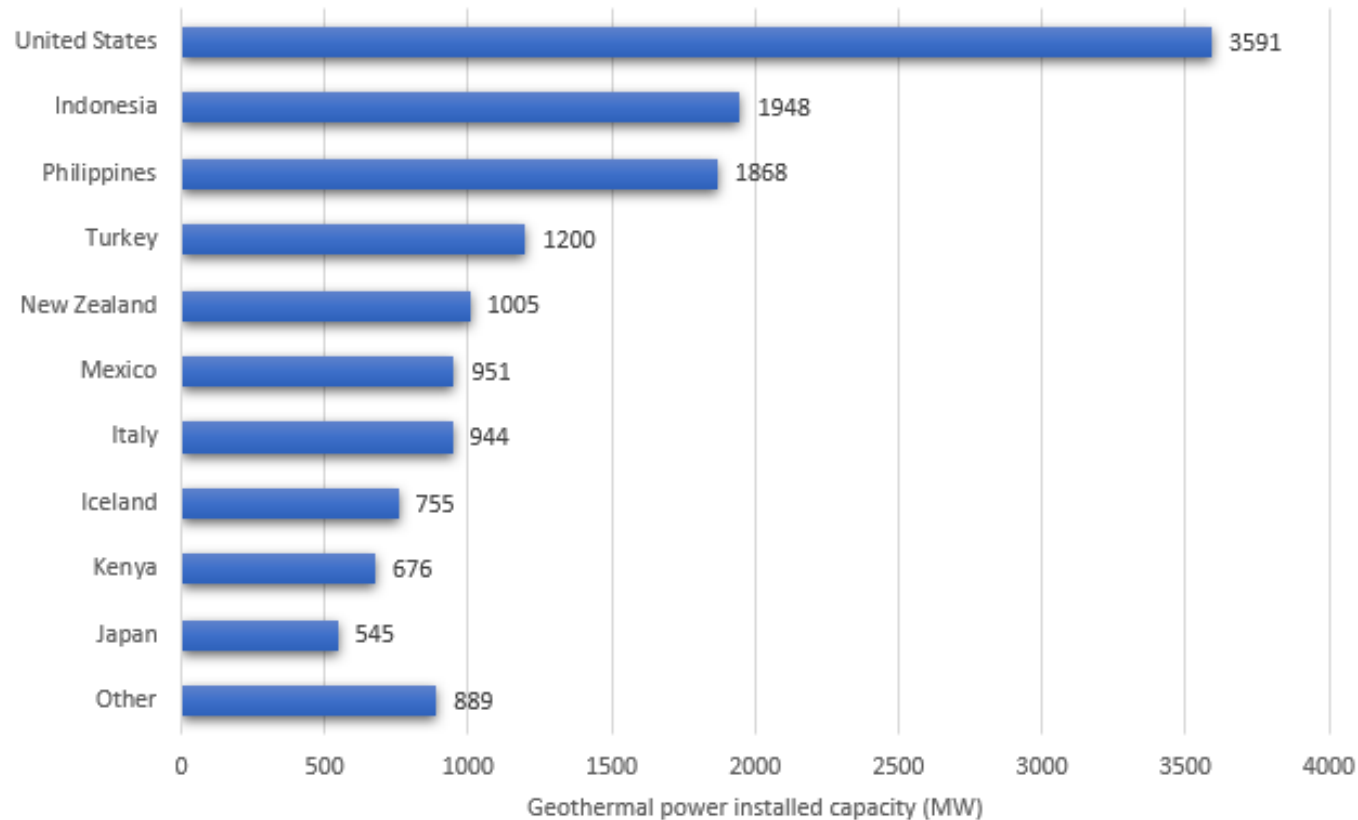
COMEXI

Un vistazo al potencial de la energía geotermia en México



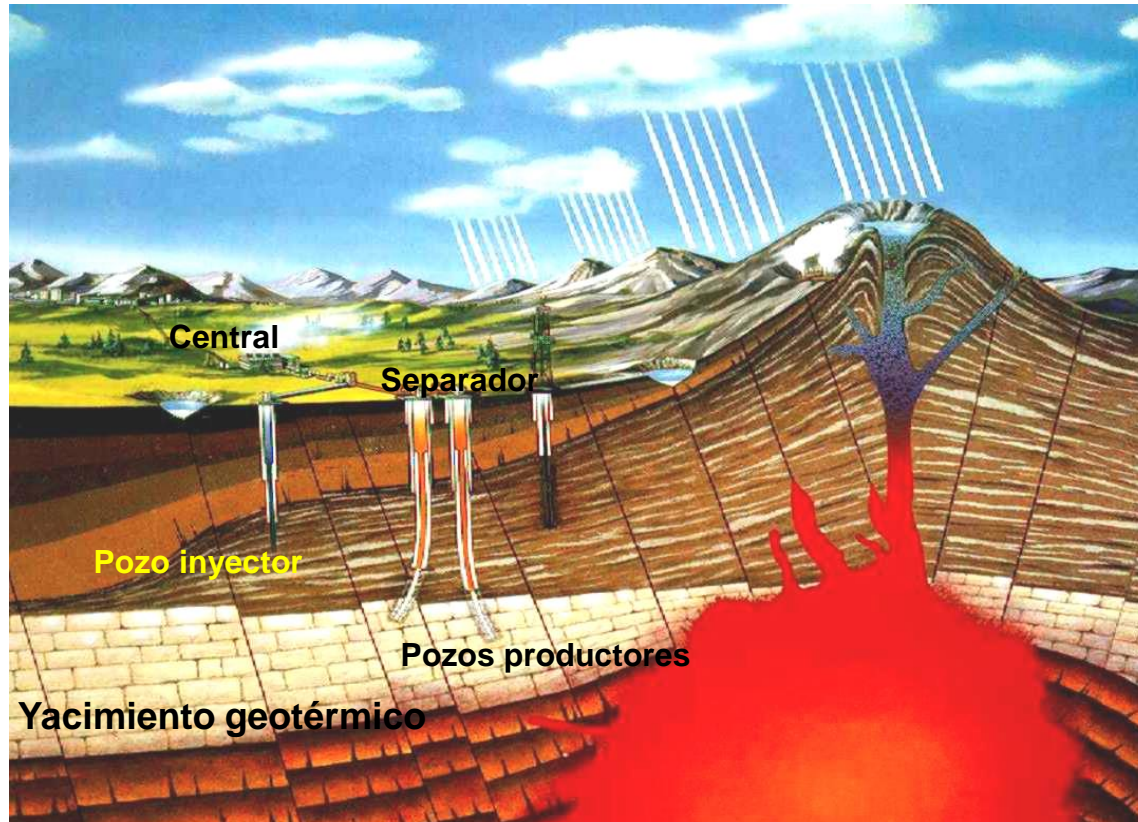
Gerardo Hiriart L
Asociado de COMEXI
Director General de GeoKeri
ghiriart@geokeri.com
9 de septiembre 2021

Geotermia



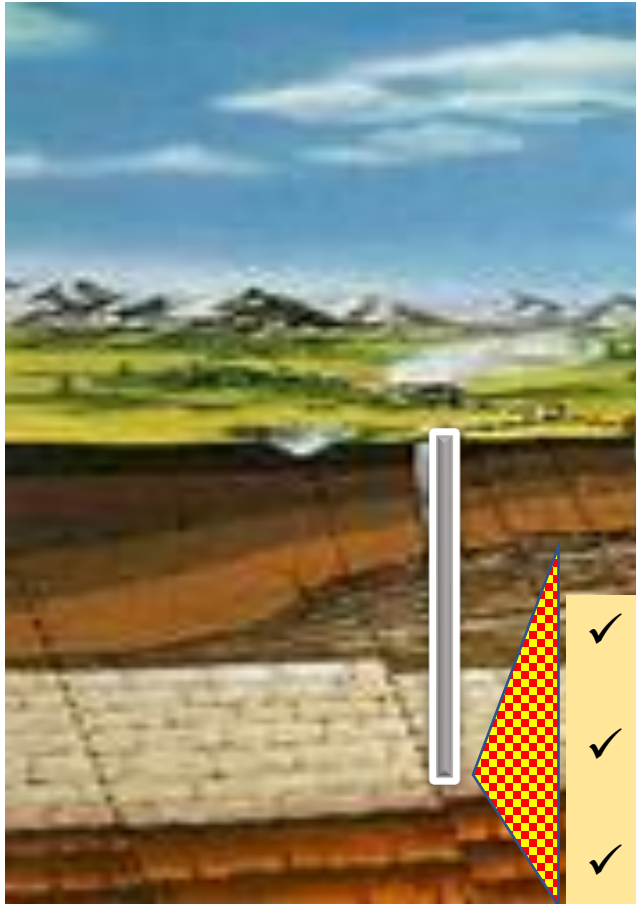
Yacimiento geotérmico típico

- 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

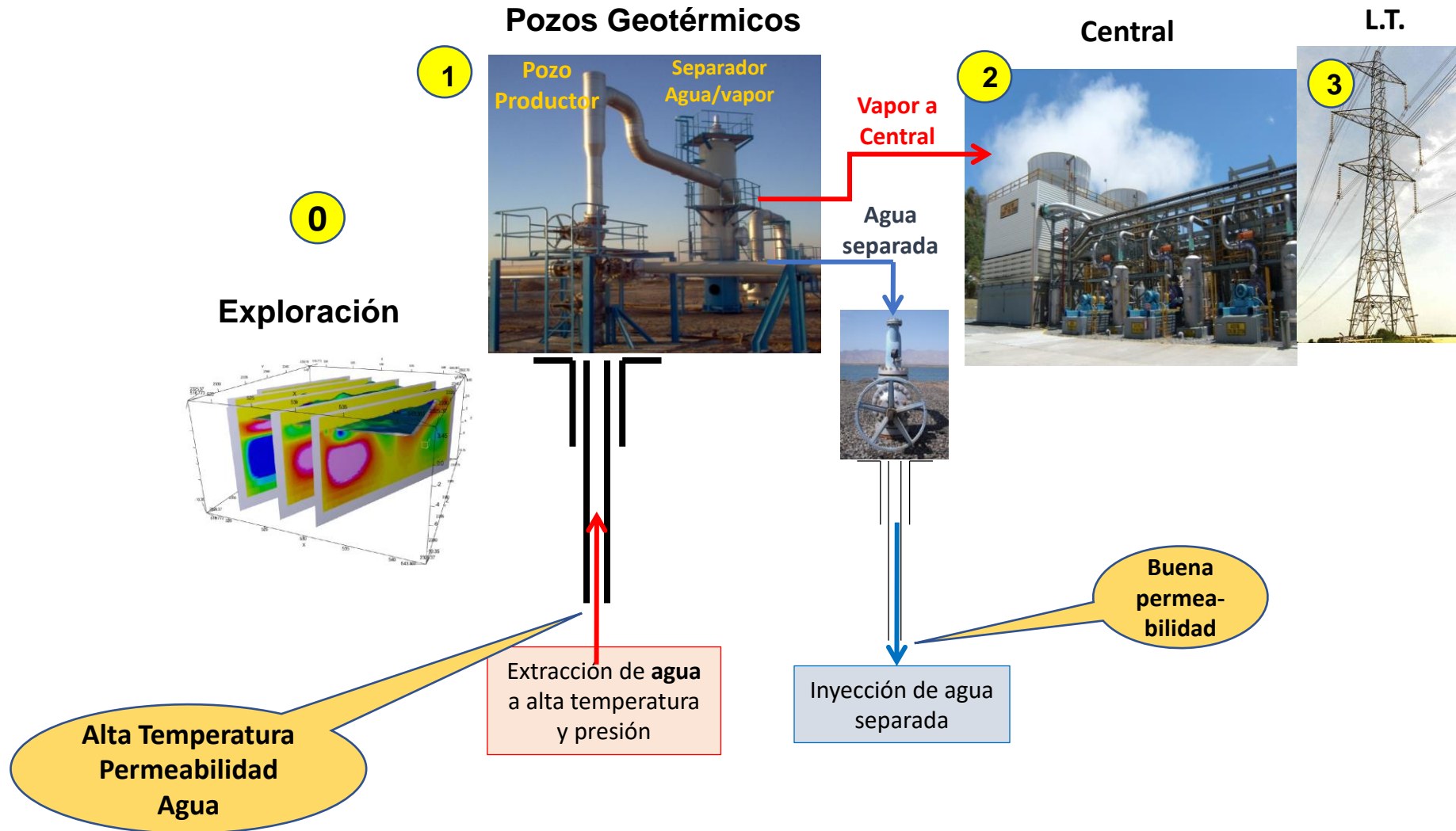
Pozos geotérmicos



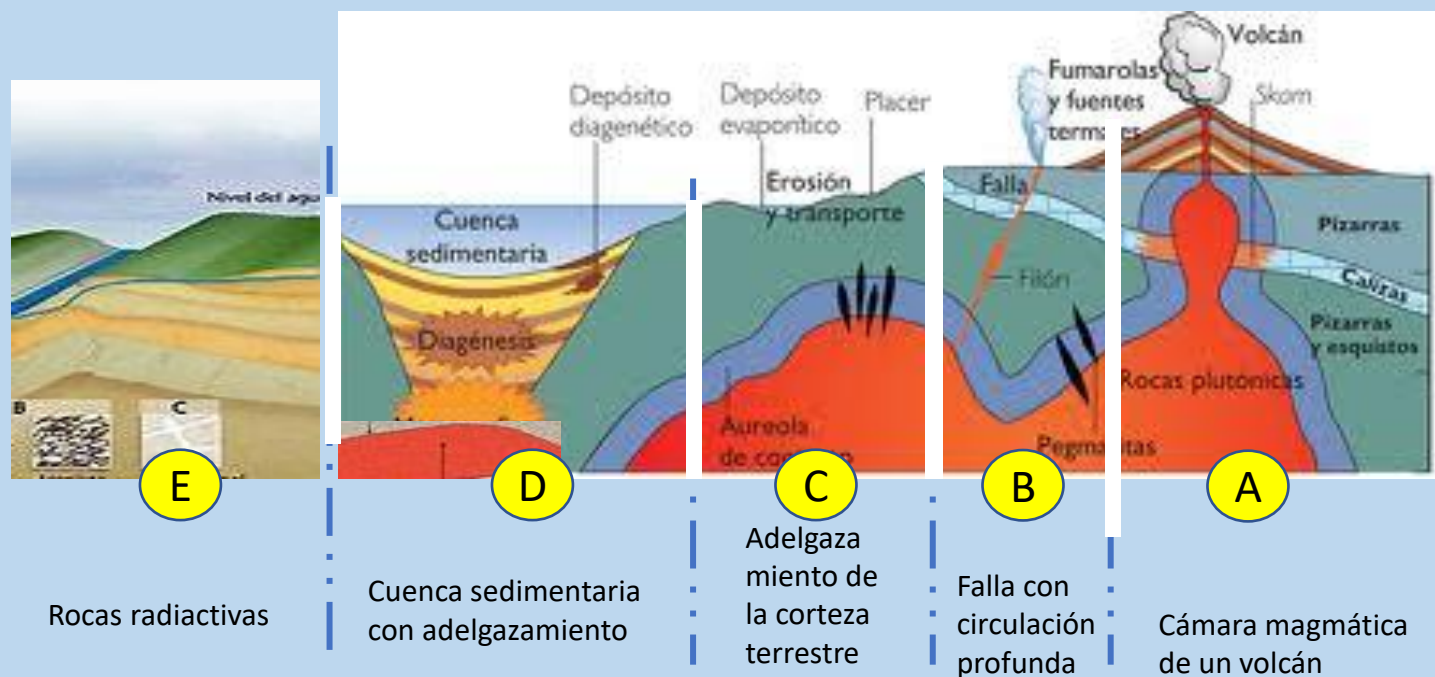
- ✓ Temperatura
- ✓ Permeabilidad
- ✓ Agua



Etapas de un Proyecto Geotérmico



Por qué se calienta el agua del subsuelo....



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



Campañas de exploración

Geoquímica

Temperatura



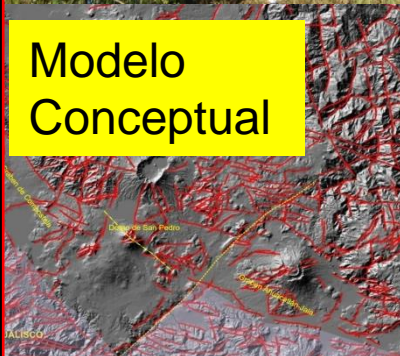
Geofísica

Permeabilidad

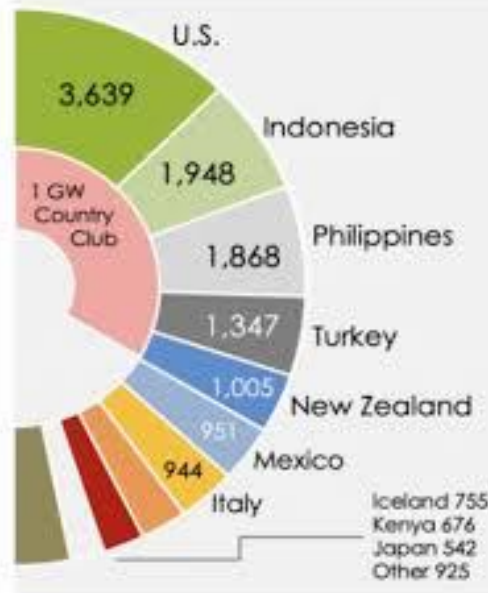


Geología

Modelo
Conceptual



México ocupa el sexto lugar mundial en potencia geotérmica instalada



Áreas con Alto Potencial Geotérmico



El futuro de la generación geotermoeléctrica en México

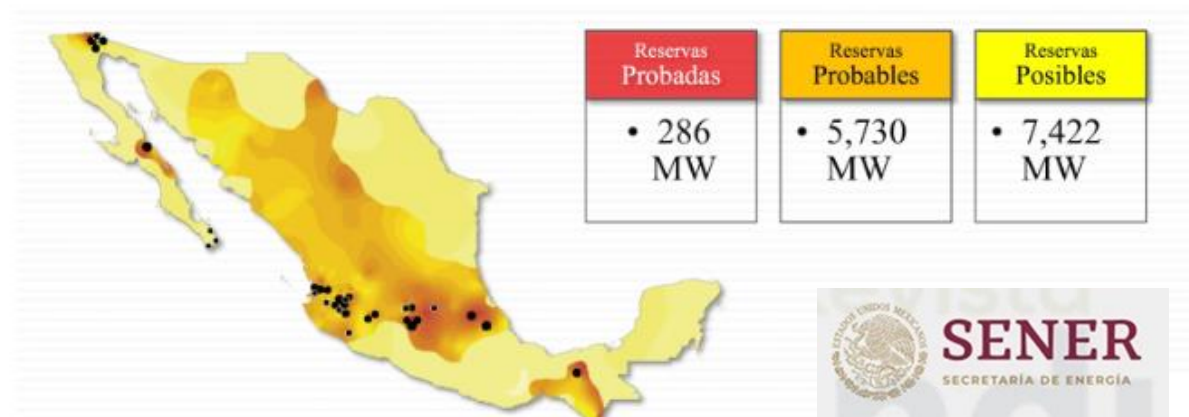
13 ÁREAS PARA EXPLORACIÓN CFE



13 áreas con Permiso de Exploración para CFE

14 áreas con Permiso de Exploración para Privados

Potencial de México en energía geotérmica





Islandia



Nueva Zelanda



Japón



Indonesia



EUA



Turquía



Kenia



Chile



Filipinas



Italia



Costa Rica



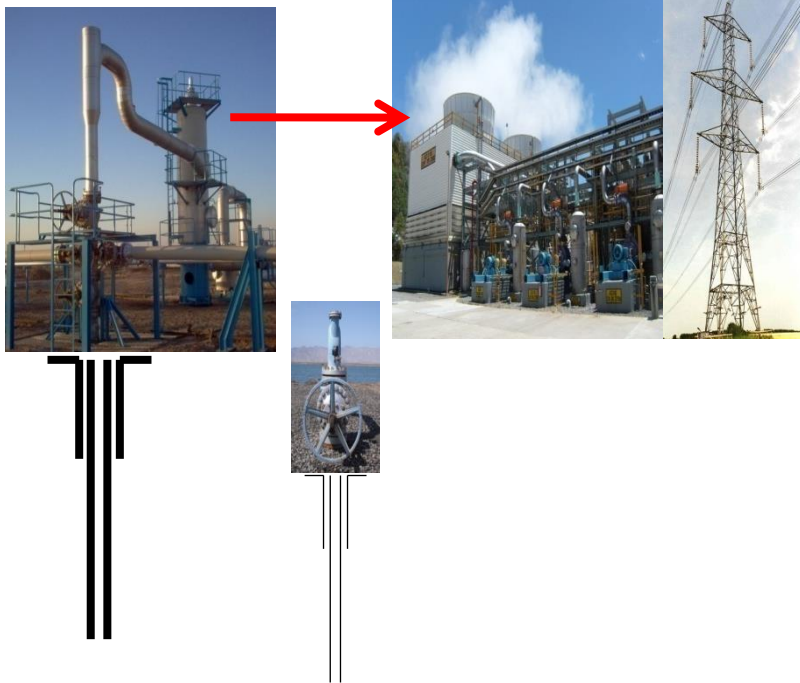
Caribe



México

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)

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
Total (\$M)	150



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



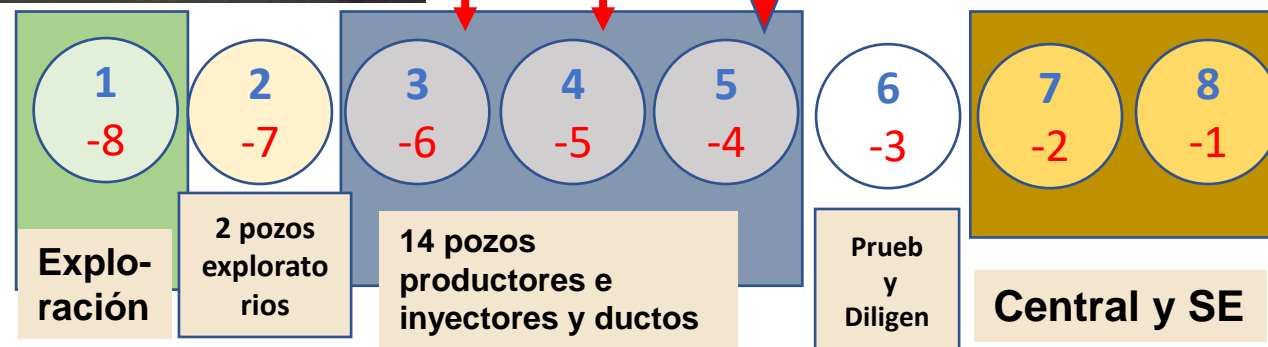
Plantas BPU de 5 MW
Poco eficientes económicas



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

A

Que exista el recurso geotérmico

- Alta Temperatura
- Agua
- Permeabilidad

Riesgo de encontrar lo realmente esperado

PGM
BID SENER

B

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

C

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
Total	1000 MW

En 2019 generó **5 TWh** (1.6%)



Cerro Prieto BC



Los Azufres, Mich.

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:

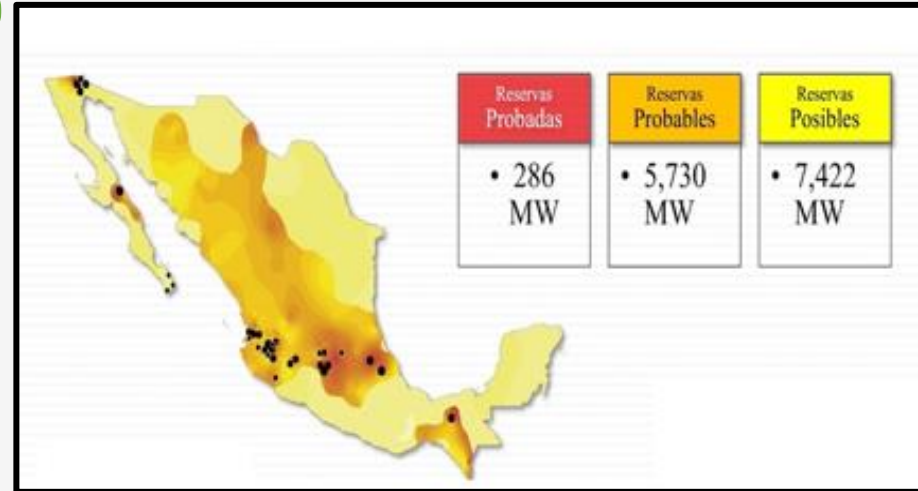
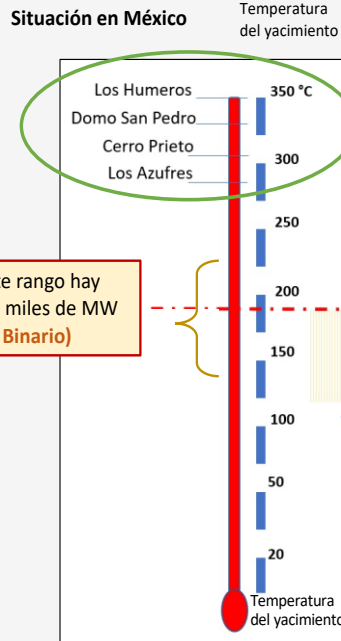
- ✓ Una energía limpia, permanente y sin fluctuaciones
- ✓ Abunda en algunos países
- ✓ Es económica y confiable

Desarrollos nacionales

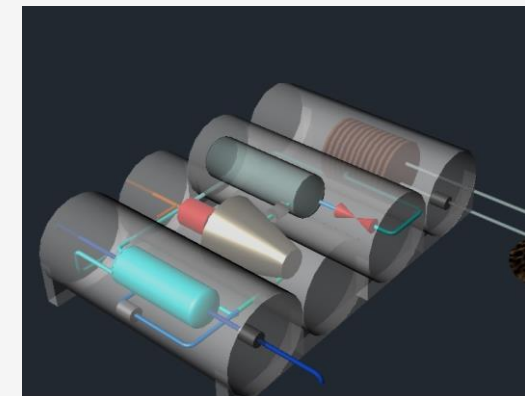
Generación temprana boca-pozo

Generación en manantial sin perforar pozo; Impresa en 3D

Generación geotérmica submarina



- 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



Cerro Prieto

300°C



Cerro Pabellón

250°C



Denizli, Turquía

170°C



Bavaria

138°C



100°C

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



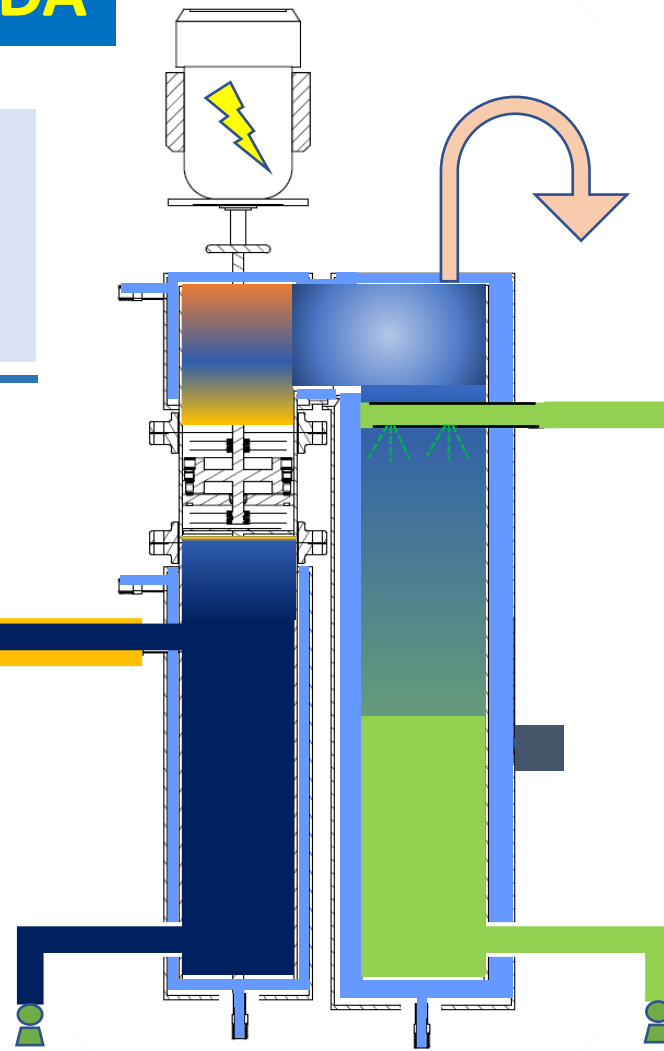
Geotermia de baja entalpía

Fotos tomadas de los reportes del proyecto Impulsa de la UNAM

Micro generador geotérmico 5 kW



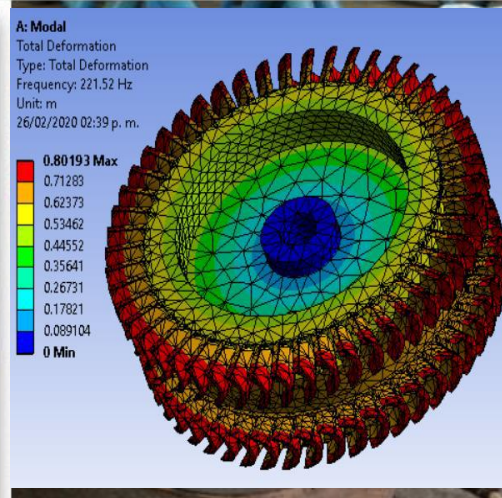
Fuente caliente



Fuente fría

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

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



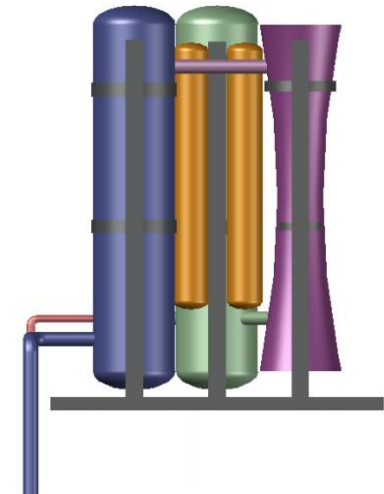
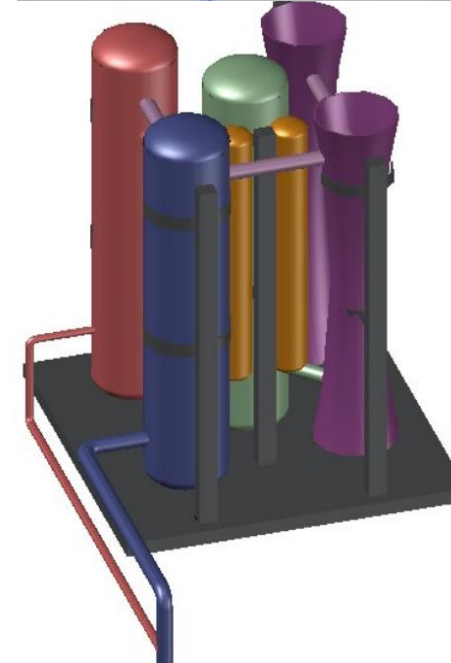
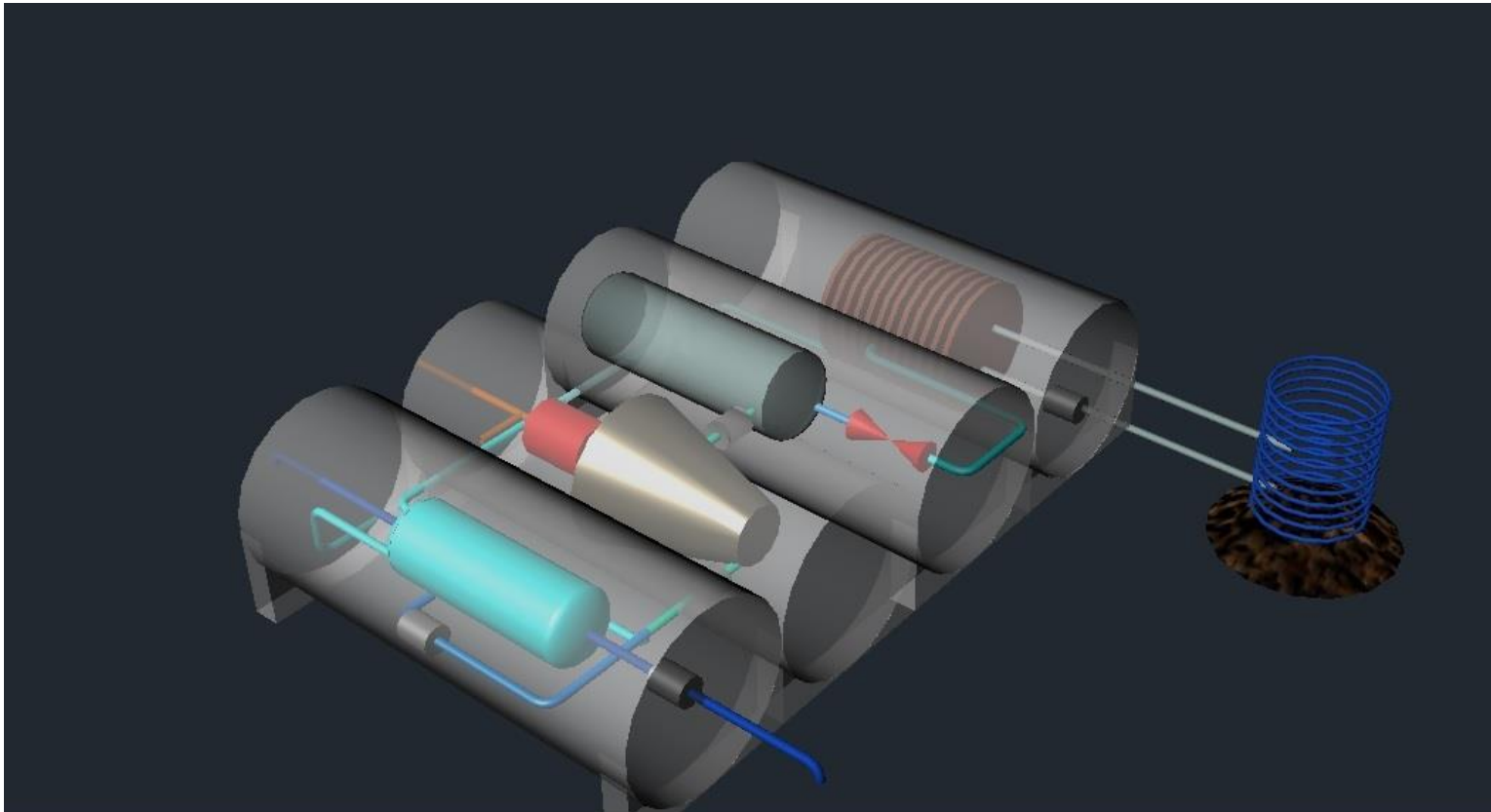
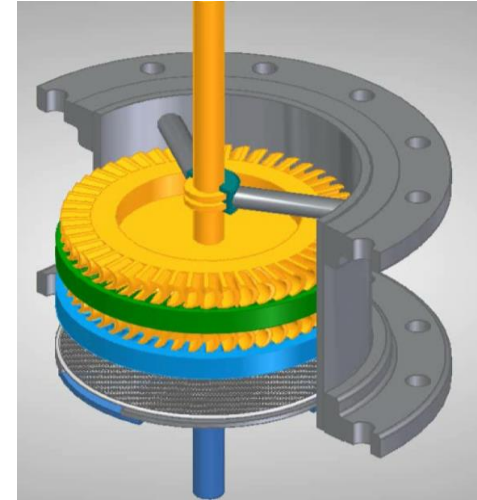
Generación geotérmica submarina

Energía de
las ventilas
submarinas



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

Equipos segmentados, en tubos independientes de poco diámetro



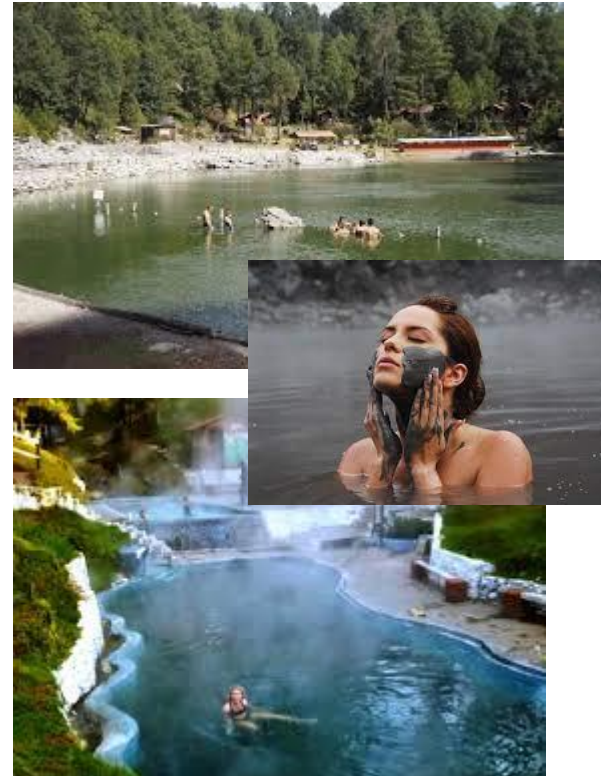
Blue	Pumping module
Red	Heat exchangers module
Green	Turbogenerator and control module
Purple	Condenser modules
Orange	Ballasting and Floating control module

Otros usos (no eléctricos) de la geotermia

Balnearios mexicanos



Laguna Los Azufre Mich



Talantongo, Hgo



Islandia



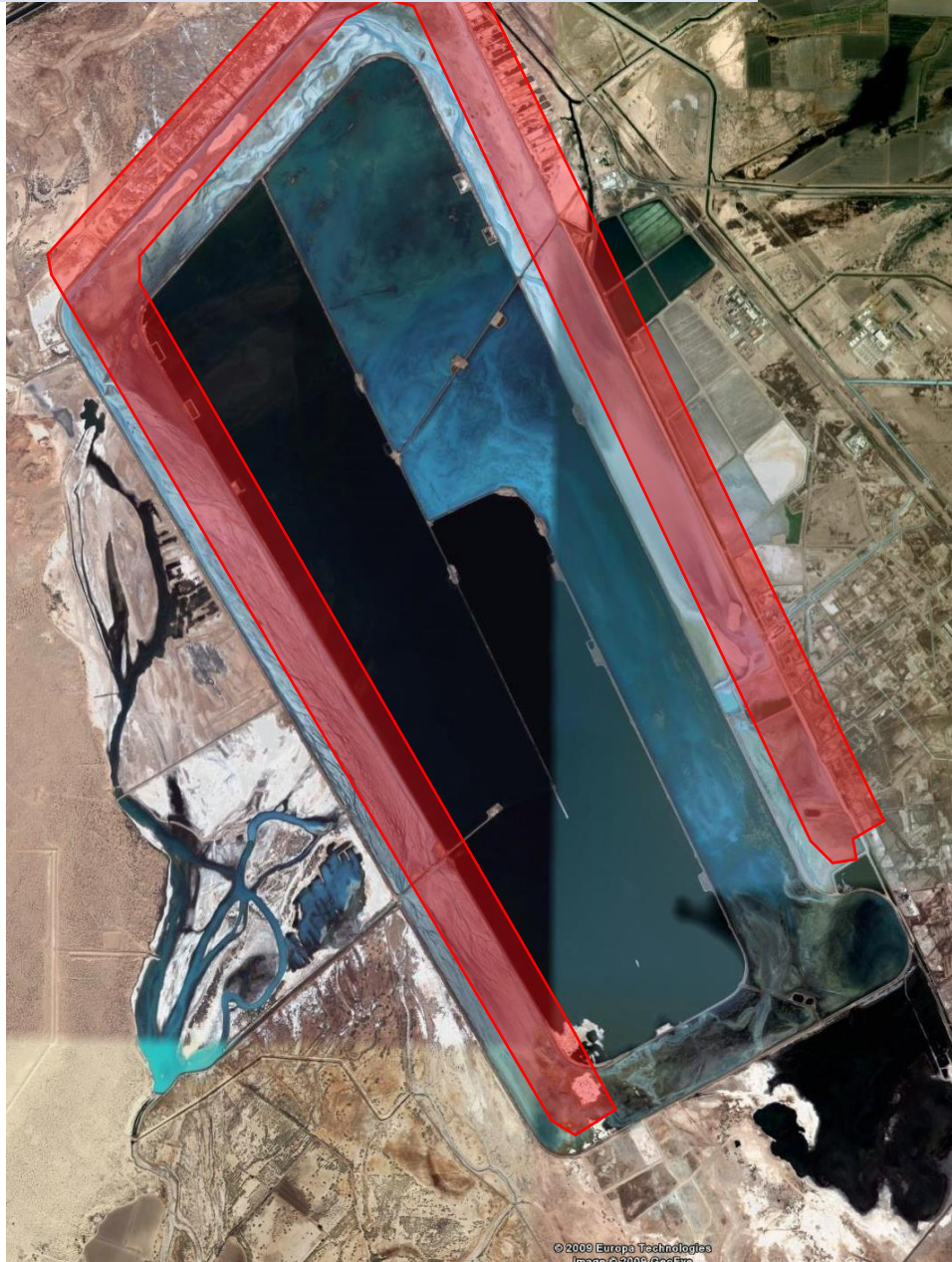
Blue Lagoon



Hungría



Recuperación de sales



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

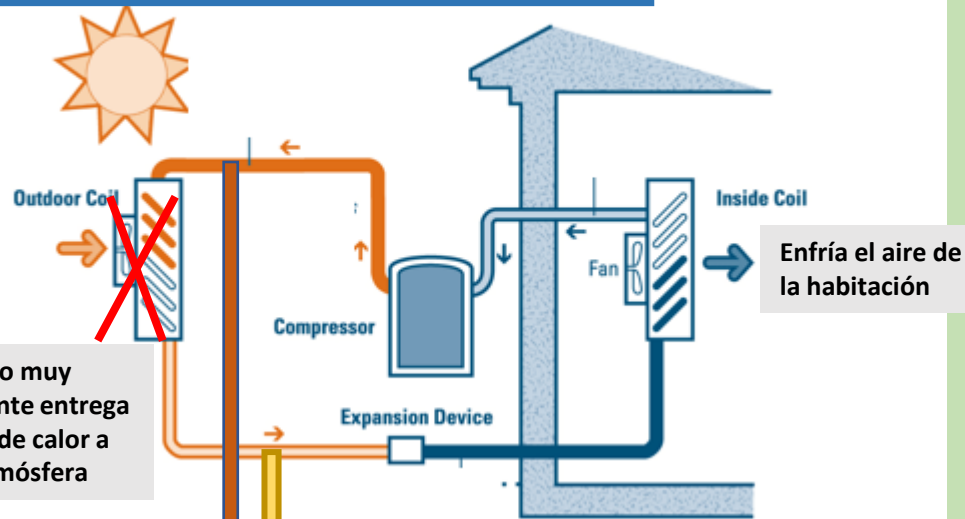


Sales recuperables	Ton/año
Cloruro de Sodio	500,000
Cloruro de Potasio	100,000
Cloruro de Litio	4,000

Aire acondicionado y bombas de calor



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

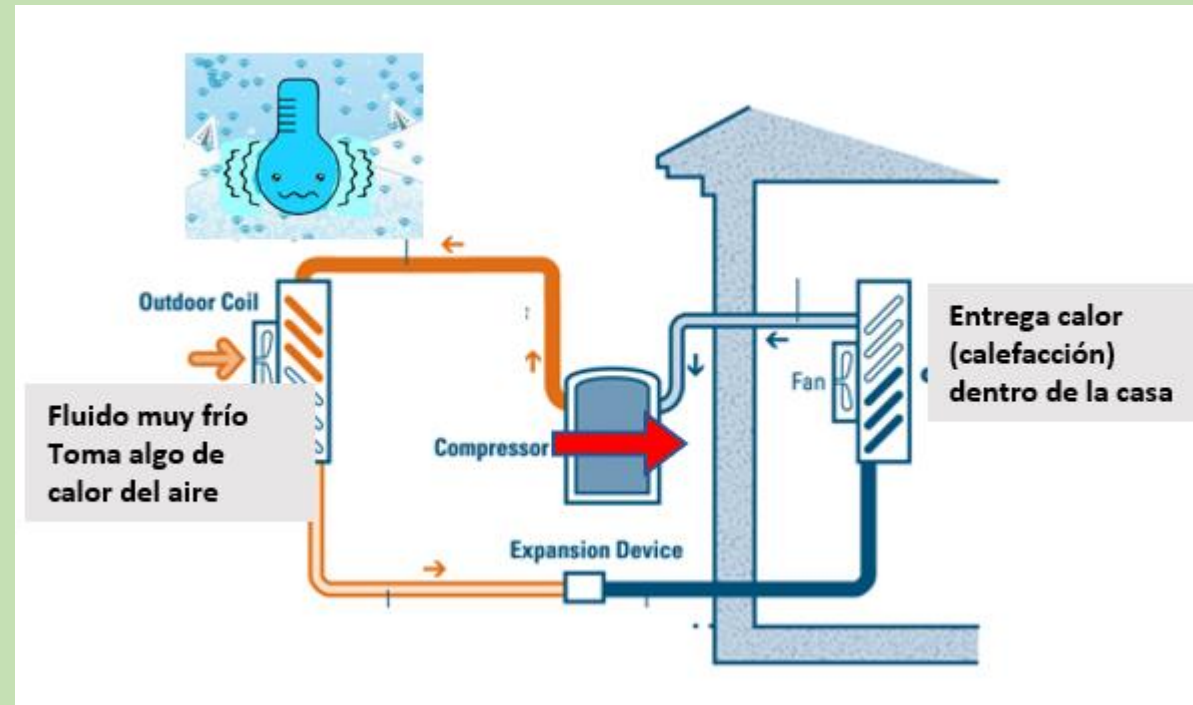


Aire acondicionado normal

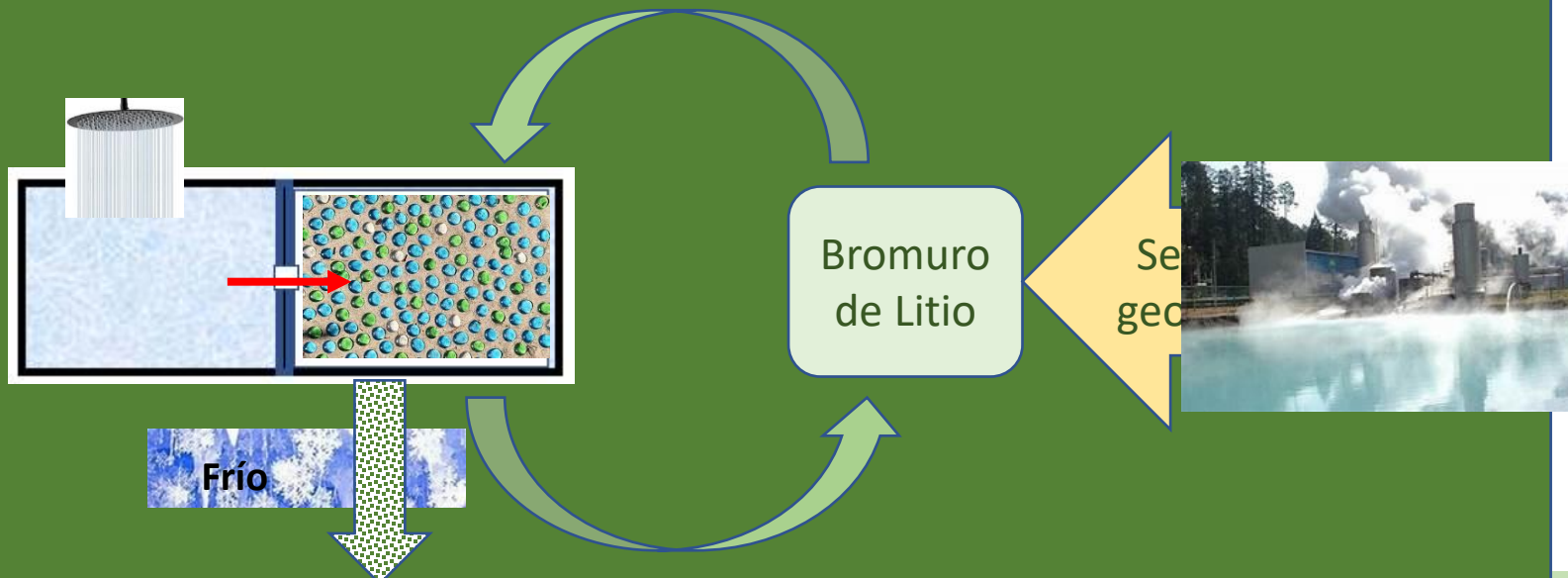
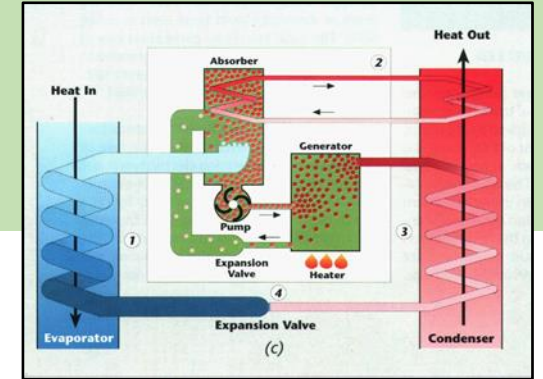
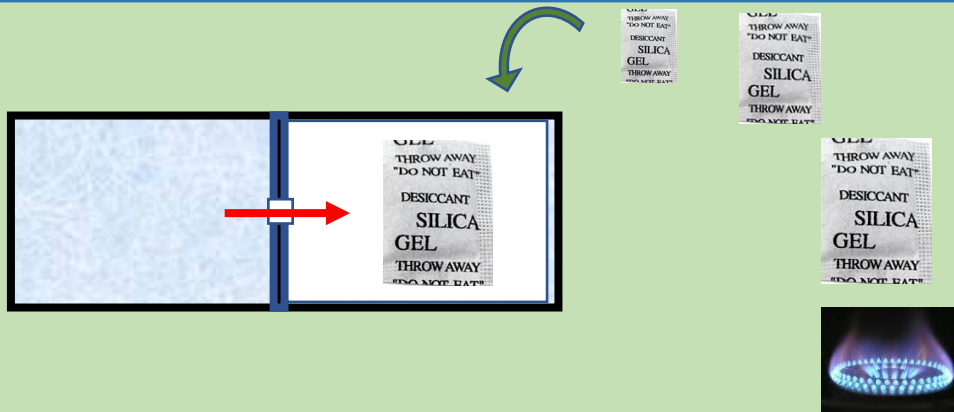
Reemplazado por bomba de calor geotérmica

Se invierte el flujo y funciona como calefacción en invierno

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



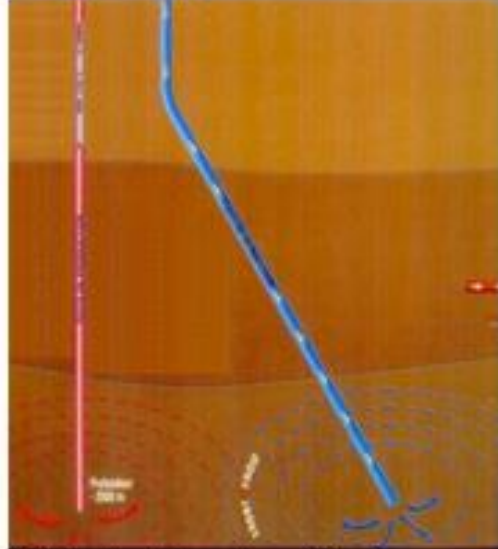
Cómo funciona un “Chiller” o enfriador por absorción



LiBr Absorption Heat Pump

Brand Bingshan
Product origin China
Delivery time 60-90days
Supply capacity 3000 set/year

Calefacción y aire acondicionado distrital



Melun, Francia
Pozo de 2000m
13 3/8"
320 tph (90 lps)
74°C
35000 MW_{th}h/y
3300 deptos.!

- Islandia
- China
- Francia
- Hungría

Cortesía del Ing. Juan Rojas Erazo

Manual de Desarrollo de proyectos Energía Distrital

¿Por qué Energía Distrital?

21 Beneficios de la Energía Distrital

A continuación se muestran los principales beneficios de la implementación de un sistema de Energía Distrital.



Figura 2-1: Beneficios de la Energía Distrital. Fuente: Adaptado de PNL/MA.

FO

esellschaft
tionale
rbeit (GIZ) GmbH

Agua caliente a largas distancias



VST

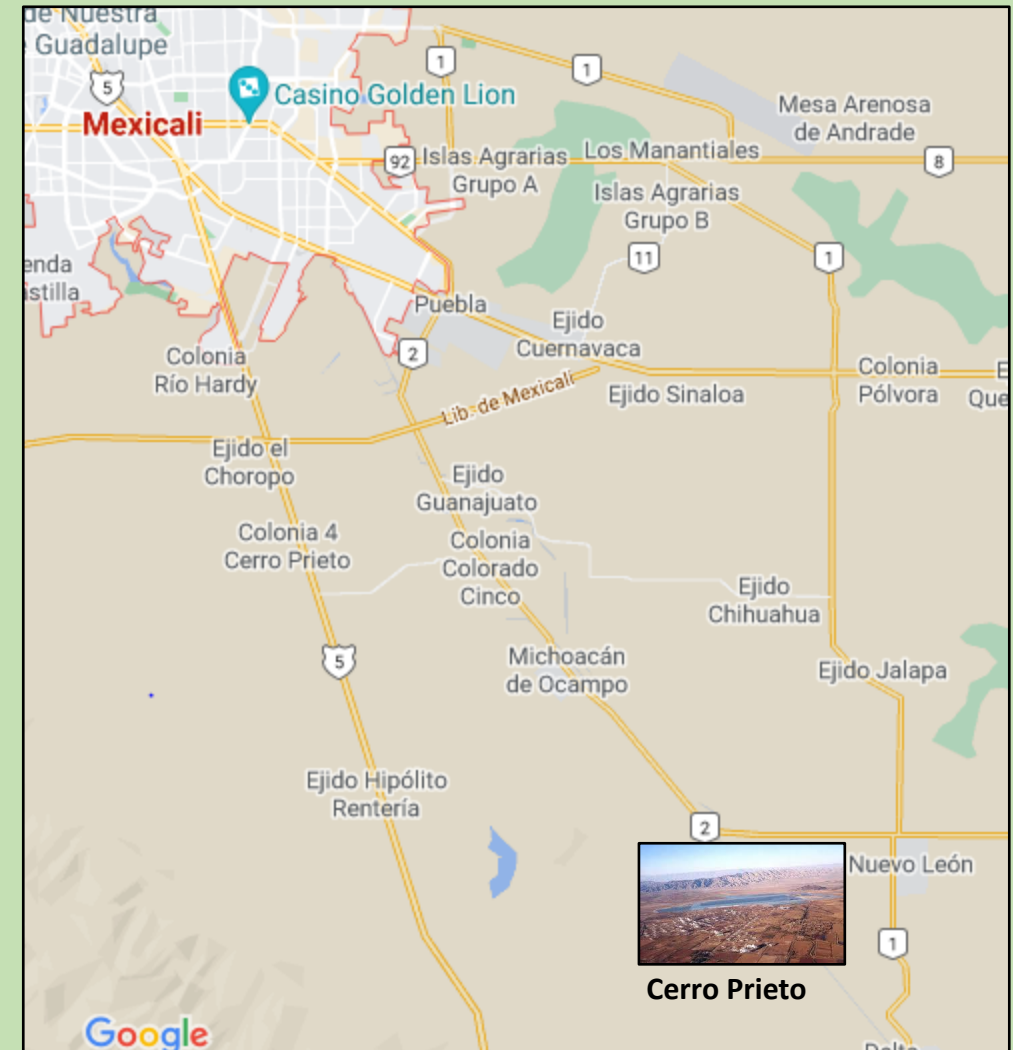


Long Distance Transmission pipelines for Geothermal waters in Iceland (20-60 km)

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.*

Posible 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