



Geo

termia
IV Taller Regional



APROVECHAMIENTO GEOTÉRMICO EN TECNOLOGÍA DE FLASH Y CICLO BINARIO.

Heber Didier Diez León.



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
2. GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA EN MÉXICO Y EL MUNDO
3. SISTEMAS GEOTÉRMICOS ENFOCADOS A LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD (CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES)
4. APLICACIONES DE LA GEOTERMIA HIDROTHERMAL
5. YACIMIENTOS HIDROTHERMAL
6. GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA “FLASH” Y “ORC”
7. USOS DIRECTOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA
8. MAXIMIZACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LA GEOTERMIA
9. ASPECTOS FINANCIEROS DE UN PROYECTO GEOTERMOELÉCTRICO
10. ASPECTOS REGULATORIOS DE LA GEOTERMIA EN MÉXICO
11. CÓMO IMPULSAR LA ENERGÍA GEOTÉRMICA
12. MITOS, RETOS Y BARRERAS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA
13. CÓMO MEJORAR LA ESTRATEGIA DE PROMOCIÓN
14. CONCLUSIONES



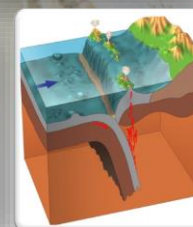
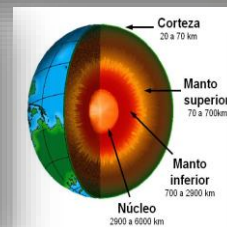
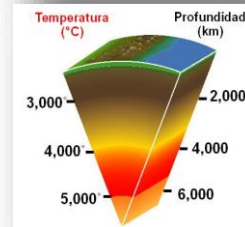
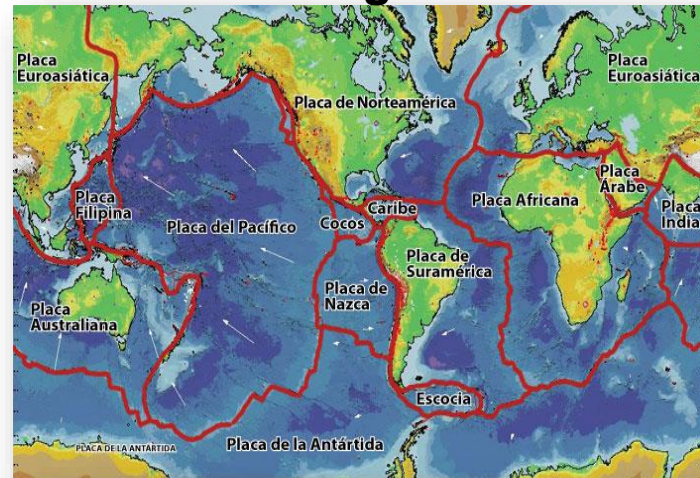
1. INTRODUCCIÓN

Energía Geotérmica

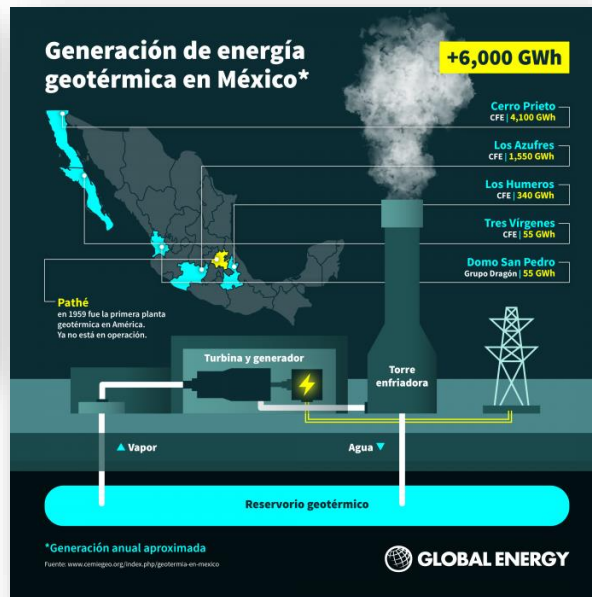
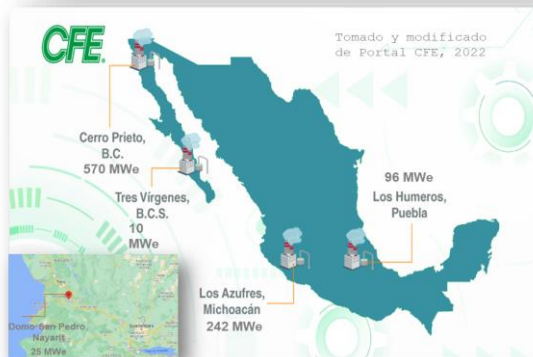
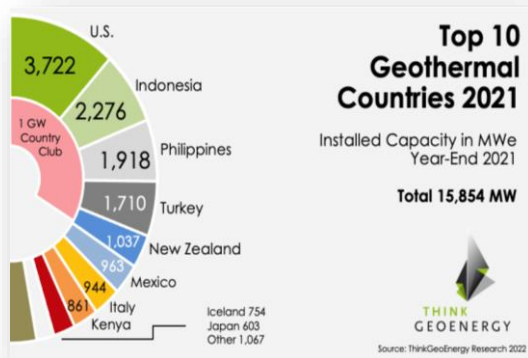
La energía geotérmica es una forma de energía que aprovecha el calor generado en el centro de la tierra. Su forma de aprovechamiento más notable ha sido la extracción del calor de un yacimiento geotérmico (reservorio) con fines de generación de electricidad. Sin embargo, existen otros usos no eléctricos, denominados usos directos. Además, es considerada una energía limpia y renovable.

En resumen, la energía geotérmica es aquella porción de calor de la Tierra que puede ser recuperado y aprovechado con fines energéticos.

Cinturón de fuego



2. GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA EN MÉXICO Y EL MUNDO

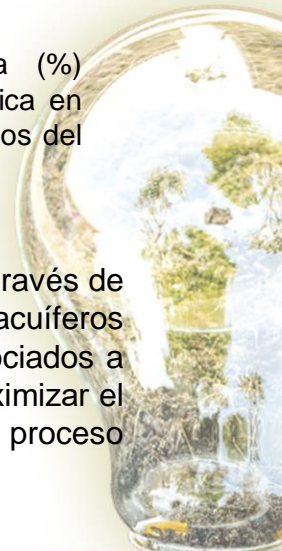


CAMPOS GEOTÉRMICOS DE MÉXICO	
CAMPO	(MWe)
Cerro Prieto, BC (CFE)	570
Los Azufres, Mich. (CFE)	242
Los Humeros Pue. (CFE)	96
Las Tres Virgenes, BCS (CFE)	10
Cerritos Colorados, Jal. (CFE)*	0*
SubTotal CFE:	918
Domo de San Pedro, Nay. (IP)	25
TOTAL:	943

* Potencial evaluado 75 MWe

Capacidad instalada (%) en la matriz energética en México es poco menos del 2%.

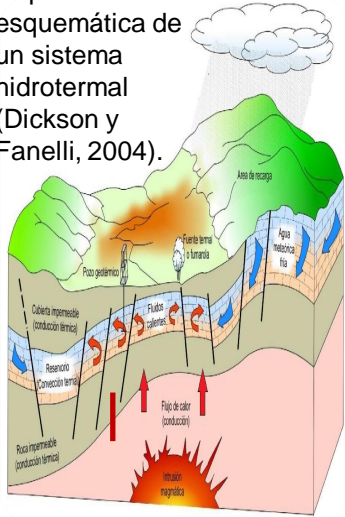
Existen recursos potenciales para la generación de electricidad a través de tecnología "Organic Cycle Rankine (ORC)", que podrían utilizar acuíferos de media entalpía (menos profundos), con menos problemas asociados a los fluidos geotérmicos profundos, así como la posibilidad de "Maximizar el Aprovechamiento Geotérmico" usos en cascada en un proceso geotermoeléctrico, así como usos directos ajenos a éste.



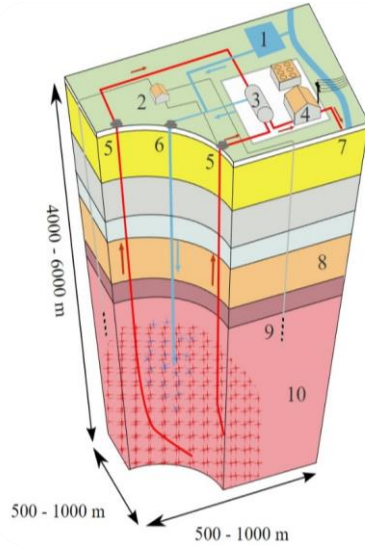
3. SISTEMAS GEOTÉRMICOS ENFOCADOS A LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD (CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES)

Hidrotermales

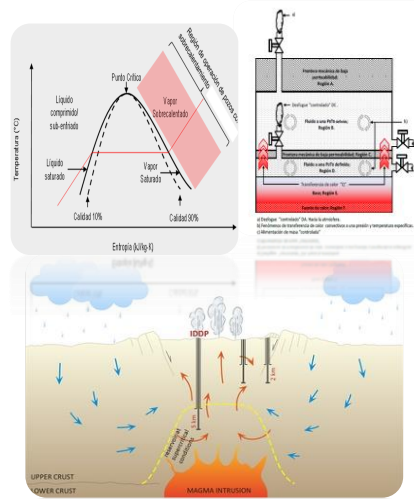
Representación esquemática de un sistema hidrotermal (Dickson y Fanelli, 2004).



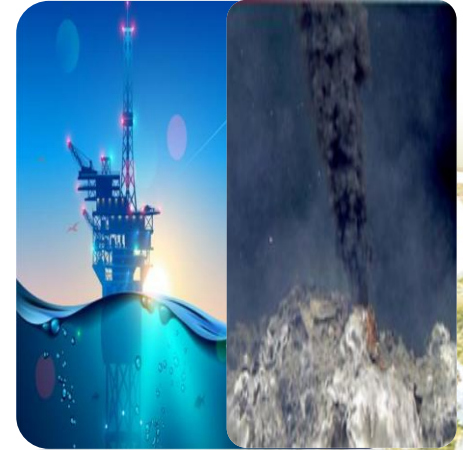
Roca Seca Caliente (EGS)



Súper calientes- súper críticos (ultra alta entalpía)



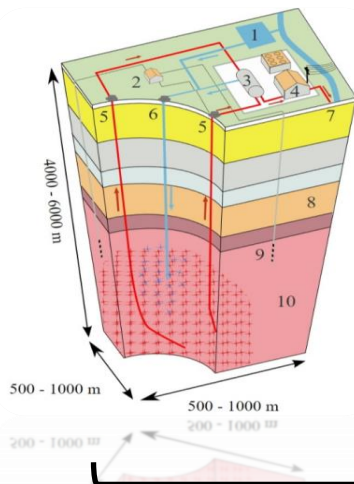
Posibilidades: sistemas marinos, aprovechamiento geotérmico en pozos petroleros, etc.



3. SISTEMAS GEOTÉRMICOS ENFOCADOS A LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD (CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES)

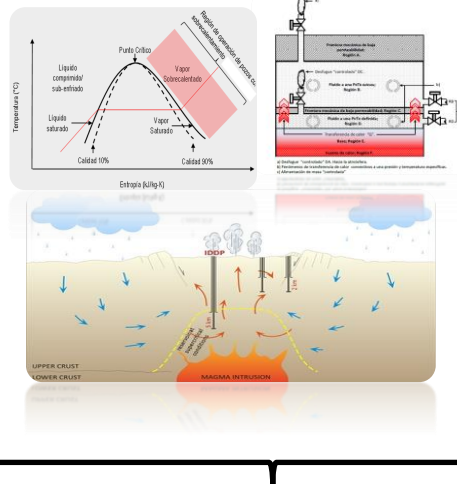
Sistemas geotérmicos no convencionales

Roca Seca Caliente (EGS)



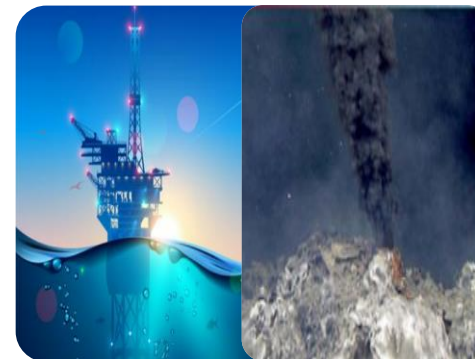
Inyectar agua en fase líquida o a través de una tubería algún otro tipo de fluido. Lo anterior, para recuperar el calor

Súper calientes- súper críticos (ultra alta entalpía)



Estos son sistemas hidrotermales, pero con un gran contenido de calor en el fluido.

Posibilidades: sistemas marinos, aprovechamiento geotérmico en pozos petroleros, etc.

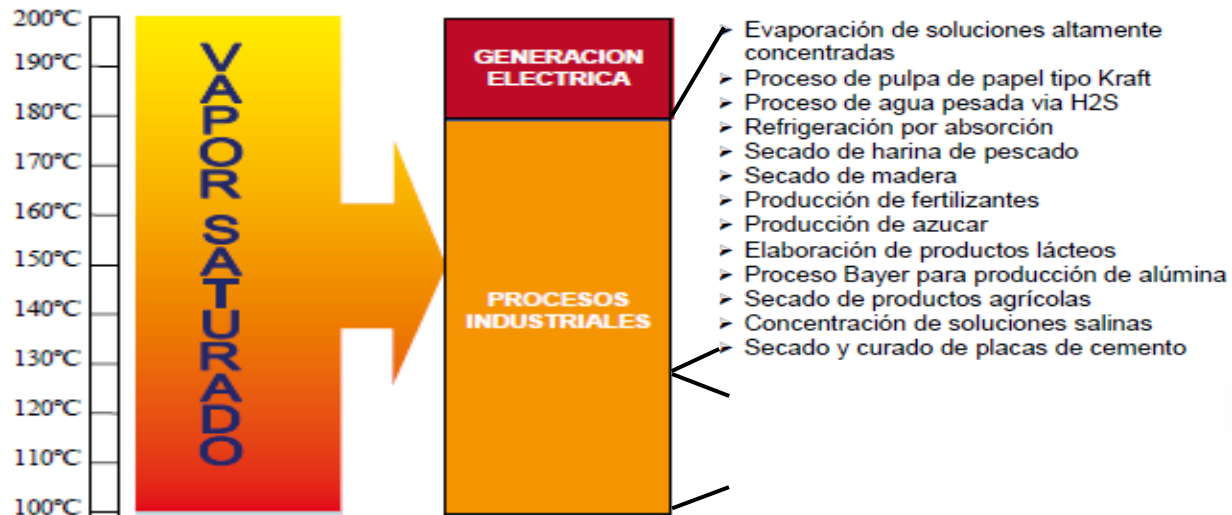


Los sistemas marinos, hidrotermales (en saturación termodinámica o súper calientes).

La recuperación de calor en pozos de petróleo sería semejante a un ciclo binario

4. APLICACIONES DE LA GEOTERMIA HIDROTHERMAL

Alta y media
entalpía



4. APLICACIONES DE LA GEOTERMIA HIDROTHERMAL

Baja entalpía



4. APLICACIONES DE LA GEOTERMIA HIDROTHERMAL

ENTALPÍA

¿Qué es la entalpía?

La entalpía es la cantidad de **energía que un sistema termodinámico intercambia con su medio ambiente en condiciones de presión constante**, es decir, la cantidad de energía que el sistema absorbe o libera a su entorno en procesos en los que la presión no cambia. En física y química, se suele representar esta magnitud con la letra H y se la mide en *julios* (J).

Endotérmicos y Exotérmicos.

Entalpía en fenómenos químicos:

Entalpía de formación.
Entalpía de descomposición.
Entalpía de combustión.
Entalpía de neutralización.

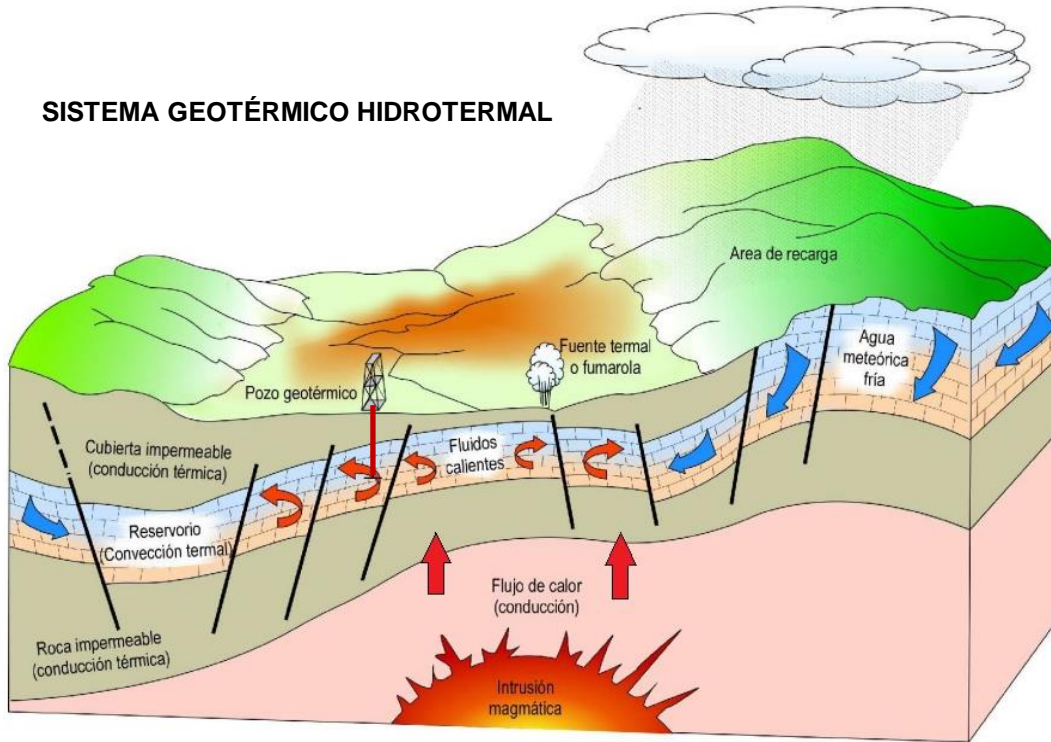
Entalpía en fenómenos físicos:

**Entalpía de cambio de fase.
Entalpía de disolución.**



5. YACIMIENTOS HIDROTHERMAL

SISTEMA GEOTÉRMICO HIDROTHERMAL

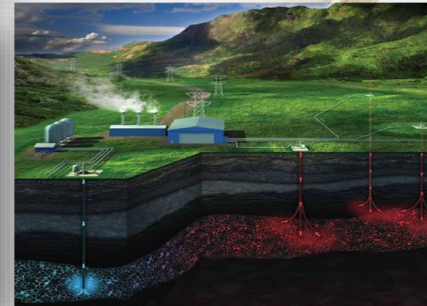


- 1: Fuente de calor (magma)
- 2: Roca impermeable
- 3: Yacimiento (roca permeable + acuífero profundo)
- 4: Cubierta impermeable (*cap-rock* o sello)
- 5: Área de recarga
- 6: Área de descarga (manifestación térmica)
- 7: Pozo



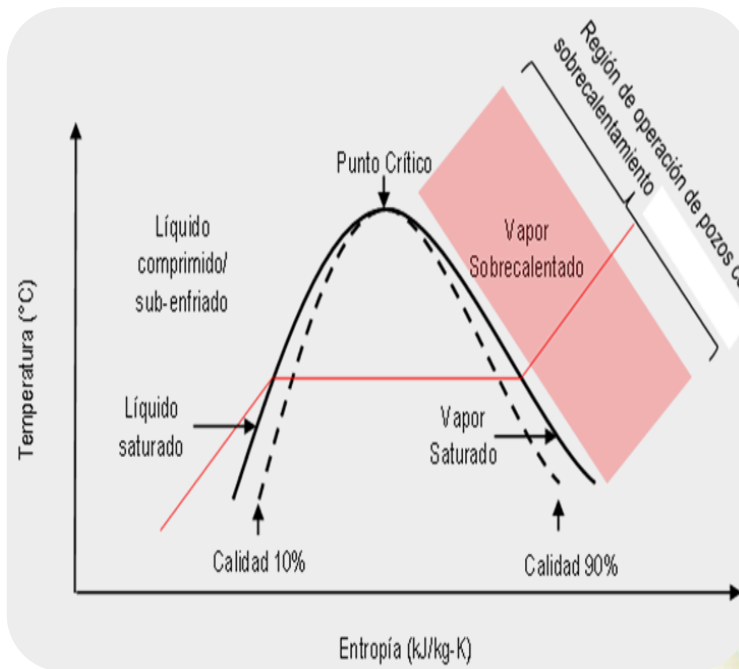
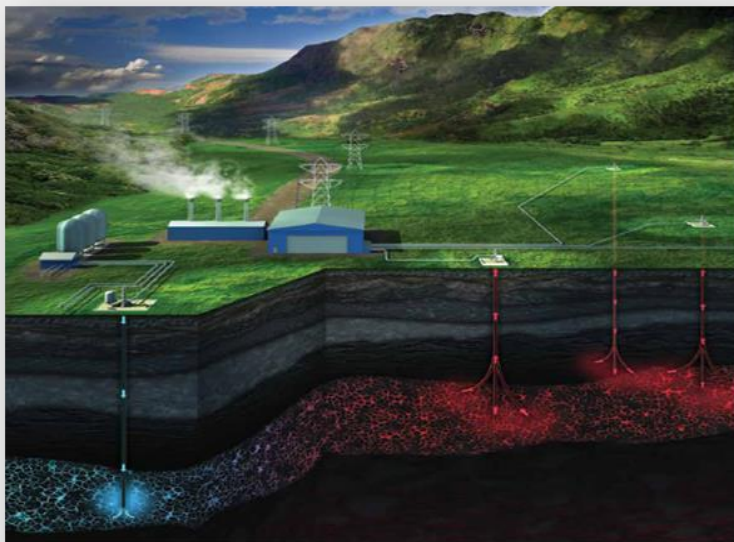
6. GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA “FLASH” Y “ORC”

Plantas Flash y “Organic Cycle Rankine (ORC)- Ciclo Binario.



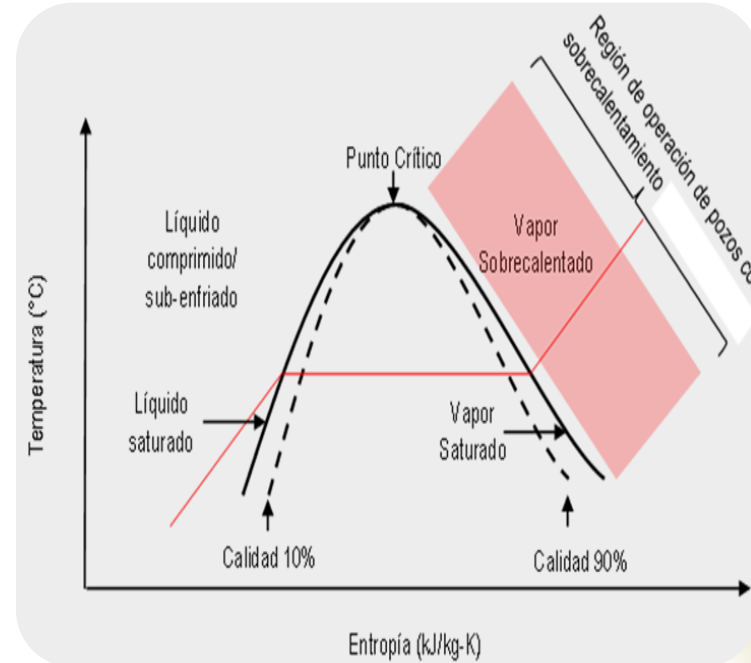
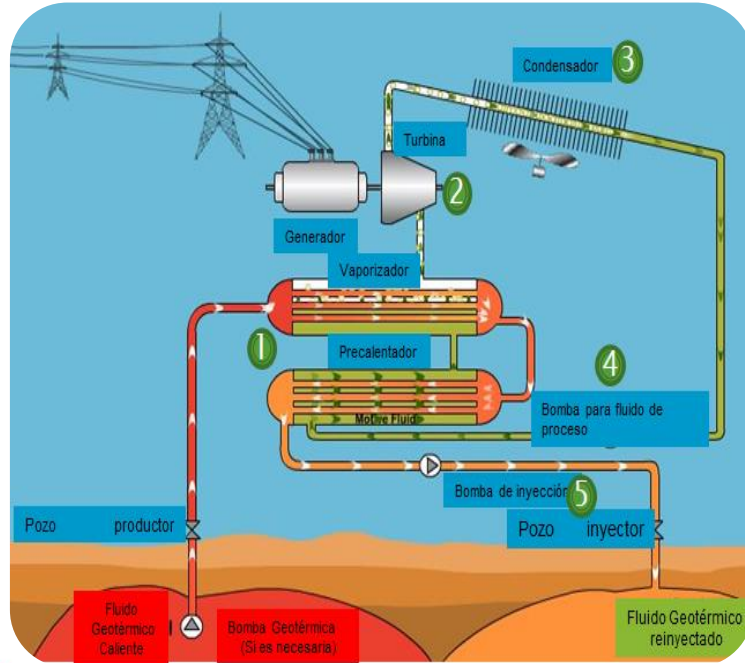
6. GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA “FLASH” Y “ORC”

Plantas Flash



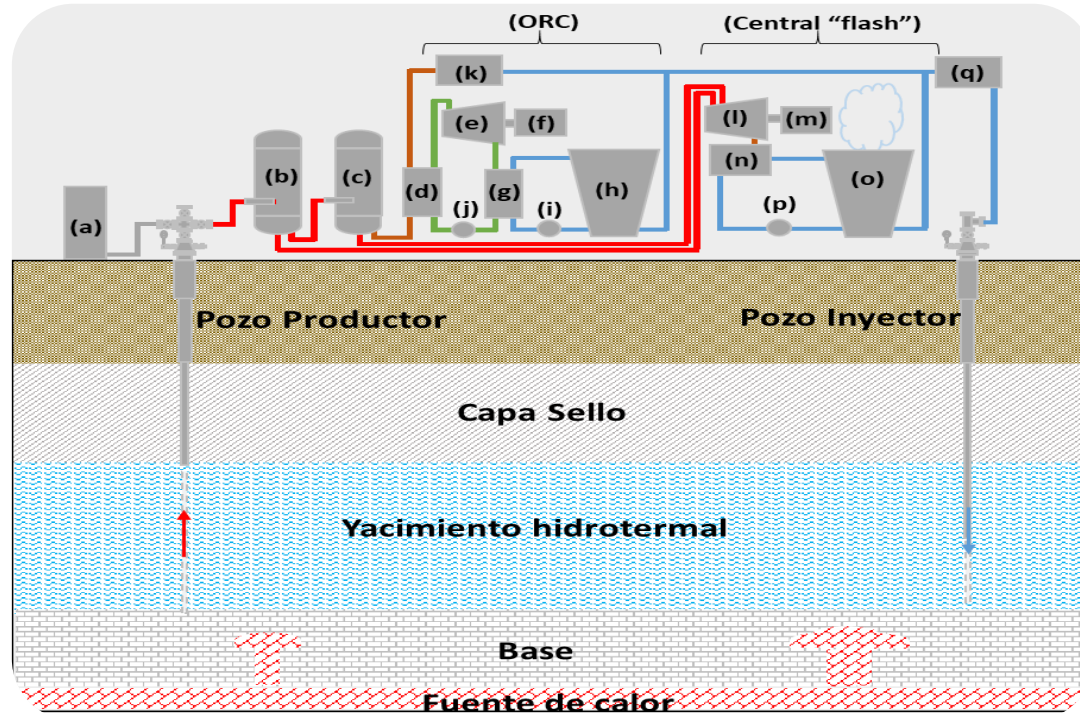
6. GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA “FLASH” Y “ORC”

“Organic Cycle Rankine (ORC)”- Ciclo Binario.



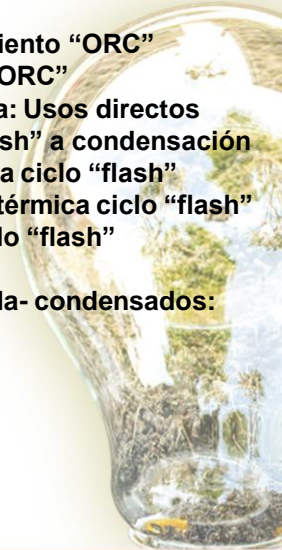
6. GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA “FLASH” Y “ORC”

Maximizando el aprovechamiento de manera integral (ejemplo).

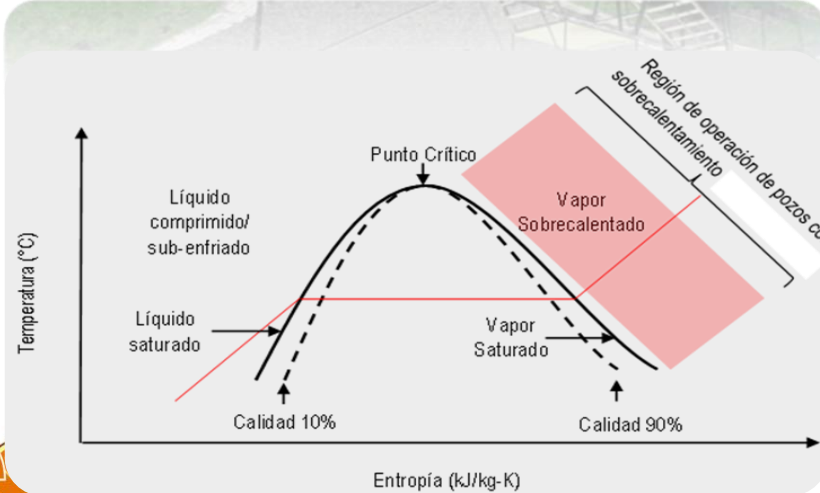


- (a) Silenciador
- (b) Separador primario “flash tank”
- (c) Separador secundario “flash tank”
- (d) Intercambiador de calor “ORC”
- (e) Turbina “ORC”
- (f) Generador eléctrico “ORC”
- (g) Condensador “ORC”
- (h) Torre de enfriamiento “ORC”
- (i) Bomba de líquido de enfriamiento “ORC”
- (j) Bomba de fluido de trabajo “ORC”
- (k) Aprovechamiento en cascada: Usos directos
- (l) Turbina geotérmica ciclo “flash” a condensación
- (m) Generador turbina geotérmica ciclo “flash”
- (n) Condensador de turbina geotérmica ciclo “flash”
- (o) Torre de enfriamiento del ciclo “flash”
- (p) Bomba ciclo “flash”
- (q) Colector fase líquida separada- condensados: inyección (ejemplo en frío)

Organic Cycle Rankine= ORC



6. GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA “FLASH” Y “ORC”

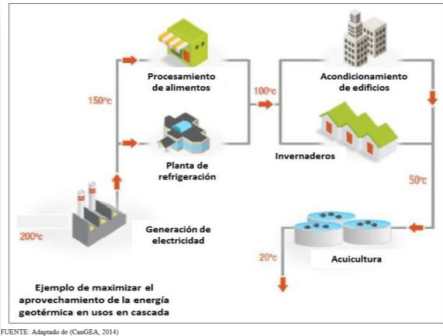


Sin Conmutador
 Con Conmutador
 Cambiar Dirección
 6.0 rot/min
 Pausa / Reanudar
 Dirección de Movimiento
 Campo Magnético
 Corriente Inducida
 © W. Fendt 1998
 © J. Muñoz 1999



7. USOS DIRECTOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

Usos Directos: usos no eléctricos que abarcan una gran cantidad de aplicaciones agrupadas bajo el término de Usos Directos.



7. USOS DIRECTOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

Usos directos en México:

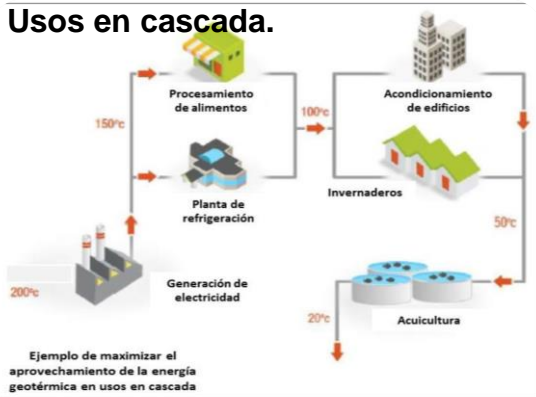
- Entre 1980-1990 CFE desarrolló algunos proyectos-piloto.
- Recientemente, el grupo IIDEA de la UNAM ha desarrollado e implementado algunos proyectos a escala comercial o prueba en campo.
- INEEL ha efectuado proyectos relacionados con bombas de calor.
- Existe un gran potencial por desarrollar.



8. MAXIMIZACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LA GEOTERMIA

Maximizar el aprovechamiento es una herramienta para su impulso: tendencias.

Usos en cascada.



*NTE: Adaptado de (CaeGEA, 2014)

H2 Verde, con excedentes geotérmicos (cuando aplique).



*Nikai geothermal plant, New Zealand (source: ThinkGeoEnergy, creative commons)

Li, entre otros minerales.



World Energy Trade

Recuperación de calor para fines térmicos o eléctricos en pozos petroleros.



Usos directos.

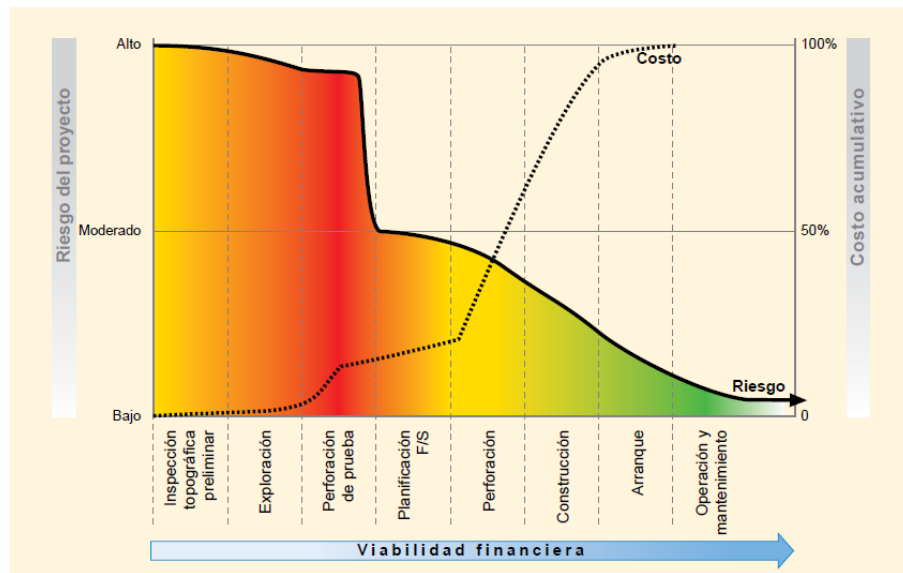


Disrupción Innovación



9. ASPECTOS FINANCIEROS DE UN PROYECTO GEOTERMOELÉCTRICO.

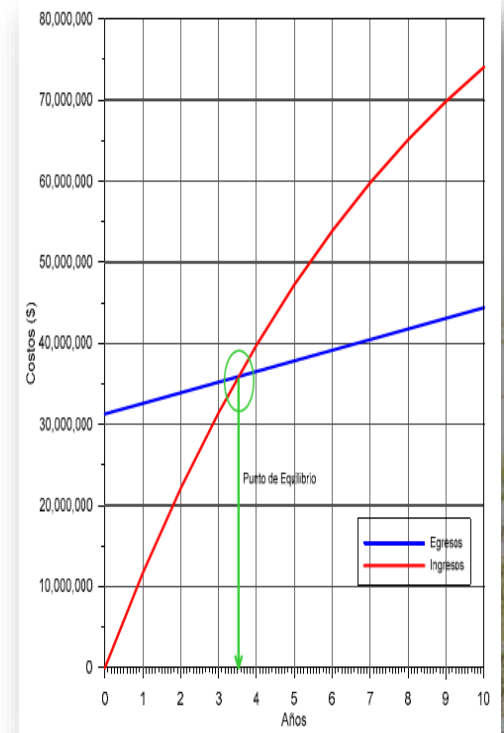
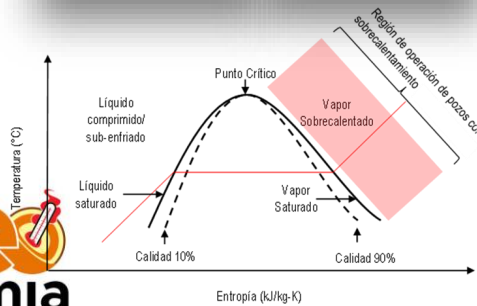
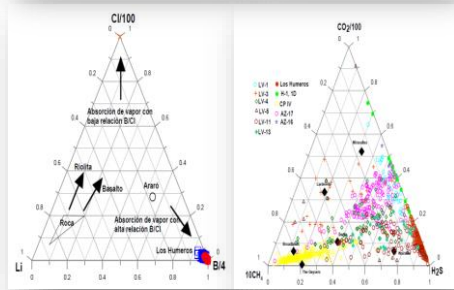
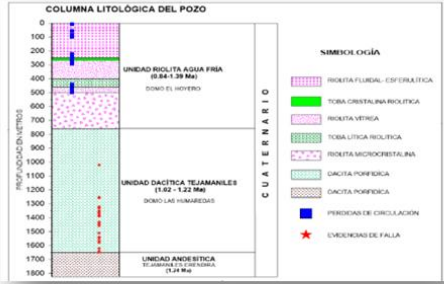
- ❑ Los proyectos geotérmicos se consideran de alto riesgo y de gasto intensivo en capital, con un cálculo estimado promedio de costos de inversión de casi USD 4 millones por cada MWe (ESMAP, 2012)
- ❑ El riesgo de exploración geológica (o riesgo de los recursos) constituye el desafío más grande.
- ❑ La capacidad máxima de la central al final se ve limitada por la capacidad de producción de calor del yacimiento, así como por la capacidad del mismo para regenerarse



Costo y perfil de riesgos en las diversas fases de desarrollo de un proyecto geotérmico. Fuente: ESMAP, 2012.

Así para las demás aplicaciones de la geotermia que lo ameriten.

9. ASPECTOS FINANCIEROS DE UN PROYECTO GEOTERMOELÉCTRICO.



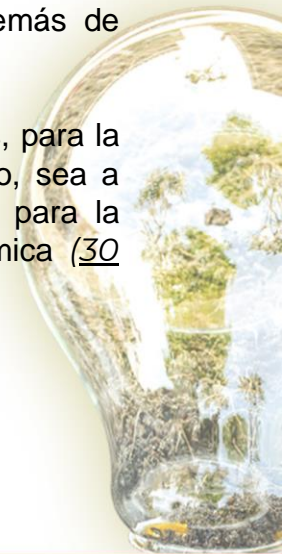
10. ASPECTOS REGULATORIOS DE LA GEOTERMIA EN MÉXICO

Ley de Energía Geotérmica (LEG, RLEG)

Agua geotérmica. Agua propiedad de la Nación, en estado líquido o de vapor a una temperatura $\geq 80^{\circ}\text{C}$ en forma natural en un yacimiento geotérmico hidrotermal, con capacidad de transportar energía en forma de calor, y que no es apta para el consumo humano.

- **Registro** para la realización de trabajos **de reconocimiento** de un área determinada, (8 meses); debe demostrar experiencia en materia de energía geotérmica.
- **Los permisos** permiten las actividades de exploración geológica, geofísica y geoquímica, además de trabajos que permitan corroborar la existencia del recurso geotérmico (3 años, prorrogables).
- **Las concesiones** autorizan al titular a la explotación del recurso geotérmico con fines comerciales, para la generación de electricidad y otros usos que se obtengan de la utilización del calor del subsuelo, sea a través de perforaciones de pozos o de cualquier otro tipo, incluyendo los trabajos necesarios para la construcción, extracción, puesta en marcha, producción y transformación de la energía geotérmica (30 años).

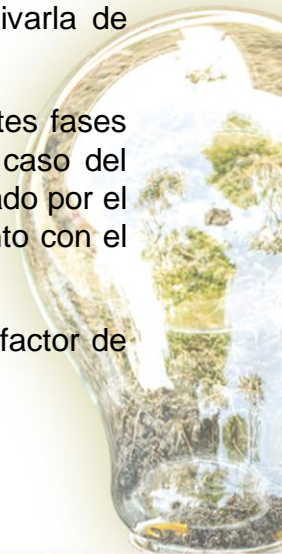
Ley de la Industria Eléctrica; Ley de Aguas Nacionales



11. CÓMO IMPULSAR LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

Cada región cuenta con planes y soluciones específicas que les funcionan. Sin embargo, es necesario estandarizar, en la medida de lo posible, lo que en general resulta exitoso para el desarrollo de los sistemas geotérmicos y que puede contribuir a un desarrollo sostenible de esta energía. Por lo anterior, se considera que, en términos generales, algo que puede contribuir al impulso de la geotermia es lo siguiente:

- I. Comprender de manera profunda su naturaleza, sus formas de aprovechamiento, sus potenciales aplicaciones, así como sus beneficios y darlos a conocer formalmente.
- II. Contar con una legislación que permita su aprovechamiento maximizado, de ser necesario, incentivarla de manera económica, siempre buscar mantener finanzas sanas en el proyecto.
- III. Implementar instrumentos de mitigación de riesgos durante la exploración y financiamiento a diferentes fases de la exploración y ejecución del proyecto, para proyectos de generación de electricidad, tal es el caso del **“Programa de Financiamiento y Transferencia de Riesgos para Geotermia en México”**, desarrollado por el Banco Interamericano para el Desarrollo (BID), a través del Clean Technology Fund (CTF), en conjunto con el INEEL, Nacional Financiera (NAFIN) y la Secretaría de Energía (SENER).
- IV. Comprender que un proyecto geotérmico puede ser altamente rentable debido a su eficiencia y alto factor de disponibilidad.



12. MITOS, RETOS Y BARRERAS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

MITOS

Costosa

Contaminante

Riesgosa

Causante de enfermedades

RETOS

Mitigar los riesgos para su desarrollo.

Buscar la consideren la primera opción energética, en su justa dimensión.

Maximizar su aprovechamiento.

Mantener siempre finanzas sanas.

BARRERAS

La no comprensión de los beneficios que acarrea su desarrollo.

Una no apropiada gestión social y ambiental.

Deficiente comprensión durante la concepción de los proyectos y el análisis de los problemas operativos.

Entre otros.



13. CÓMO MEJORAR LA ESTRATEGIA DE PROMOCIÓN

La mejor manera de promover la energía geotérmica es demostrar que es una solución energética integral, constante, limpia, eficiente, así como social y ambientalmente amigable, que detona la economía en su entorno y que además es financieramente atractiva para quien la desarrolle.

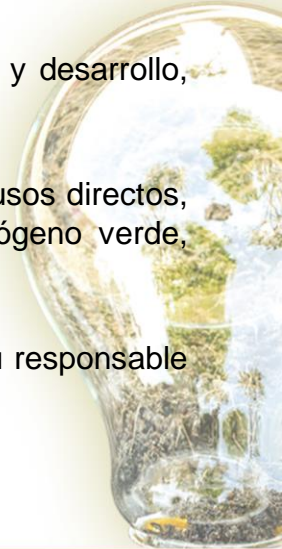


© CFE
2012,
México



14. CONCLUSIONES

- La **energía geotérmica** es un componente clave de la transición energética para impulsar la acción climática y el desarrollo sostenible. Es una fuente limpia, renovable que proporciona carga base confiable, un alto factor de planta, rentable, flexible, que provee calefacción y refrigeración, además de otras aplicaciones directas (*Global Geothermal Alliance, 2022*).
- En México y el mundo, es una energía desarrollada para fines eléctricos a través de yacimientos hidrotermales con tecnología “Flash” y “ORC”
- Los yacimientos NO convencionales aún representan un reto para su continua investigación y desarrollo.
- Los usos directos hoy son sumamente atractivos y representan un nicho de continua investigación y desarrollo, además de que no están desarrollados en su totalidad.
- La maximización del aprovechamiento de los recursos geotérmicos a través de los usos en cascada, usos directos, así como de otras formas tales como la extracción de litio y otros minerales, producción de hidrógeno verde, recuperación de calor en la industria del petróleo, merecen ser explorados.
- Conocer la justa dimensión de lo que este energético representa, sus costos y beneficios, permitirá su responsable desarrollo, dentro del marco regulatorio correspondiente.



GRACIAS





Heber Didier Diez León

Presidente del Consejo Directivo 2022-2024 de la
Asociación Geotérmica Mexicana
heber.diez@outlook.com

Residente General del Campo Geotérmico de Cerro
Prieto CFE
heber.diez@cfe.mx

