

# La Geotermia en el Ámbito Académico: Situación Actual, desafíos y potencialidades en las Carreras Universitarias de Geociencias en la Región Centroamericana



## LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Universidad Nacional Autónoma de Honduras  
Facultad de Ciencias

Cooperación Técnica entre el Sistema de Integración  
Centroamericana y el Instituto Federal de Geociencias  
y Recursos Naturales BGR y GIZ



Salvador Ortuño Arzate  
Tegucigalpa, Honduras; Octubre de 2019

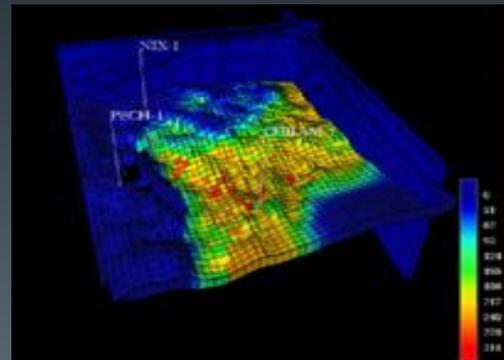


UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

# La Geotermia en el Ámbito Académico: Situación Actual, desafíos y potencialidades en las Carreras Universitarias de Geociencias en la Región Centroamericana

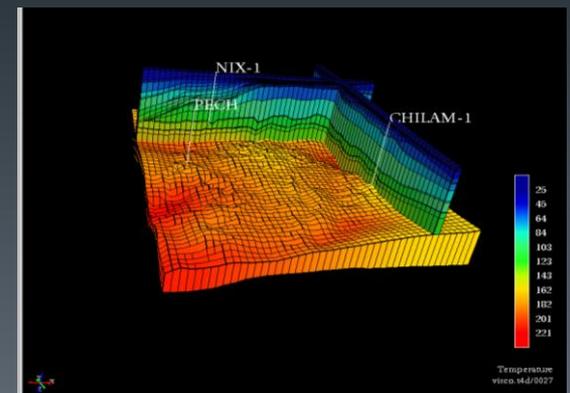
## CONTENIDO GENERAL

- I.- El mundo del petróleo; las contingencias actuales;
- II.- Los impactos ambientales; la necesidad de un cambio energético;
- III.- La energía geotérmica: formación y capacitación de cuadros científicos;
- IV.- Cadena de valor de la industria geotérmica.



## Nacimiento de la Ingeniería: La interacción con la naturaleza

- La ingeniería nace desde que la Humanidad busca los recursos de la naturaleza, los utiliza, adapta o transforma para solventar sus necesidades materiales; y hasta anímicas o espirituales.
- La utilización de recursos**, conlleva la transformación y el impacto ambiental del entorno natural.
- Posición frente a la naturaleza**: adaptación, adaptación creativa e insumisa: relación sujeto-objeto o sistémica.
- Crea relaciones de conocimiento o epistemológicas.
- El acto de ingeniería, quizá, existe desde los primeros tiempos (Paleolítico en adelante).
- Historia de la ingeniería**: transformación material del mundo.
- \*Reséndiz, 2013, p. 47.



# ¿Qué es la Ingeniería?

La ingeniería es una profesión. Acto de fe. Declarar, profesar.

*Profiteri.*- Declarar; *Fateri.*- Confesar.

El propósito de una profesión es el servicio a la sociedad.

El ingeniero discierne e identifica los nuevos problemas que preocupan a la sociedad, en el ámbito de su profesión.

El ingeniero crea y diseña una solución a esos problemas.\*

**El ingeniero y la ingeniería son el motor del PIB.**



\*Reséndiz N. D., 2013.- El rompecabezas de la ingeniería. Por qué y como se transforma el mundo. 4ª reimpresión. Fondo de Cultura Económica. Col. La ciencia para todos, no. 215. P. 40.

# Dos funciones fundamentales del Ingeniero

Las dos funciones esenciales del Ingeniero son realizar:

a.- **El diagnóstico**.- Proceso de identificación de las causas técnicas de un problema que afecta la sociedad.

b.- **El diseño en ingeniería**.- Crear y especificar las acciones concretas necesarias para corregir o superar las causas del problema. **Esta solución es el Proyecto de Ingeniería.\***



Stammwehr und Überlauf des Kraftwerks von Itaipu, Brasilien. Foto: A. Borsdorf

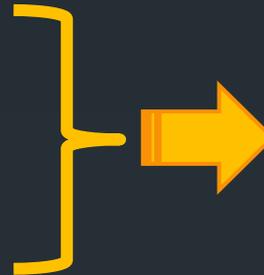


\*op. cit., p. 41 y 42.

# Dinámica y alcance del conocimiento y la actividad profesional: fases del pensamiento de la ingeniería:

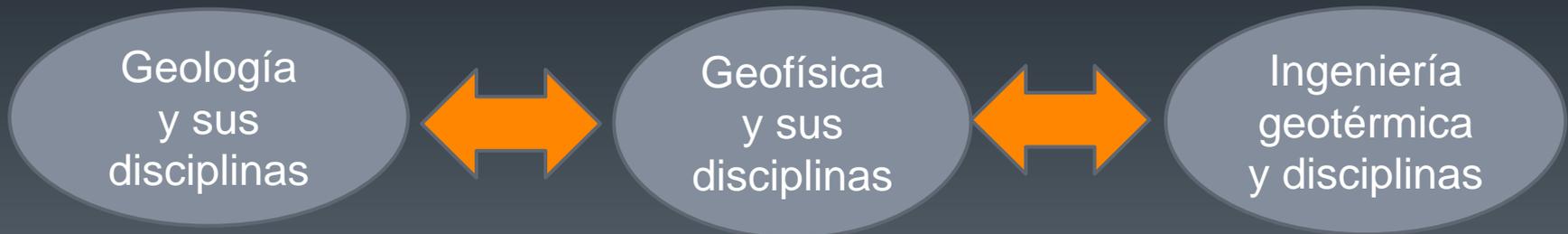
**Disciplina.-** Es una categoría organizadora dentro del conocimiento científico. Se instituye en éste la división y especialización del trabajo. Pero, no debe ser una parcela del conocimiento, ni autónoma, ni autosuficiente.

- a.- Intra-disciplinariedad;
- b.- Inter-disciplinariedad;
- c.- Pluri-disciplinariedad;
- d.- Trans-disciplinariedad.



Pensamiento  
integral, global, complejo  
(cf. E. Morin y M. Roitman)\*.

**Son ámbitos del quehacer científico - tecnológico, de la cultura...**



\*La mente bien ordenada, El pensamiento complejo, La teoría de sistemas y el conformismo social, etc., v. gr.



**EL MUNDO DE LA ENERGÍA FÓSIL**

**Y LA DECLINACIÓN DE LOS YACIMIENTOS**

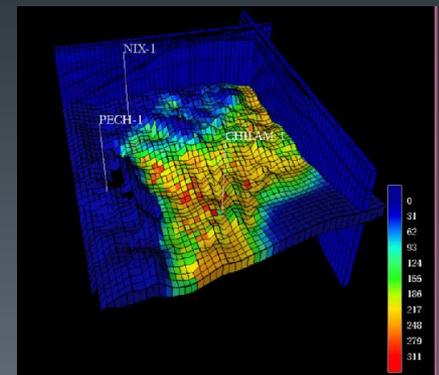
# EL BALANCE ENERGÉTICO ACTUAL

| Fuente energética         | Mtep*        | Usos %     |
|---------------------------|--------------|------------|
| Petróleo                  | 3,504        | 40         |
| Gas natural               | 2,164        | 25         |
| Carbón                    | 2,186        | 25         |
| Nuclear                   | 669          | 7          |
| Hidroelectricidad y otras | 230          | 3          |
| <b>TOTAL</b>              | <b>8,753</b> | <b>100</b> |

\*1 terawatt= i billón de watts.

\*Mtep.- Mega ( $10^6$ ) toneladas equivalentes de petróleo.

Energía primaria por fuentes. Fuente BP, 2001 in Parra, 2003. Pag. 51.



# EL BALANCE ENERGÉTICO ACTUAL

## Ingenierías múltiples de los recursos energéticos

**Petróleo**: El Medio Oriente posee más del 65% de las reservas mundiales probadas (Estructura del mercado mundial del petróleo).

**Gas Natural**: Reservas importantes en varios países (Rusia, Irán); dificultades de transporte.

**Carbón**: China, Rusia y E. U. poseen el 57% de las reservas mundiales.

**Hidroelectricidad**: Representa menos del 5% del total mundial (problemática ecológica).

**Geotérmica**: Se utiliza para generar energía eléctrica y para calefacción.

**Nuclear**: Altos costos y riesgos (países desarrollados).

**Solar**: Inagotable, tecnológicamente alcanzable y de bajo costo.

**Oceánica**: Disponible en varias formas: olas, mareas, corrientes y en conversión de energía térmica oceánica.

**Eólica**: Se la usa para realizar trabajo mecánico y para generar energía eléctrica.

**Biomasa**: Usada por el 80% de la población en países subdesarrollados.

**La historia de la humanidad es la historia del uso de la energía, de las formaciones socioeconómicas y del desarrollo científico y tecnológico.**

# Petróleo, reservas, producción y perspectivas: 2010 - 2019

## Geografía Económica y Política Mundial del Petróleo

Reservas probadas de petróleo y gas natural por áreas geográficas.

1. **1,200.7 Gb.**

2. **179.83 Tm<sup>3</sup> = 6,348.1 tcf\***

Según BP, junio de 2006.

1, **1,668.9 Gb.**

2, **187.3 Tm<sup>3</sup> = 6614.1**

Según BP, junio 2013.

**2014: 1,687.9 Gb; 185.7 Tm<sup>3</sup>.**

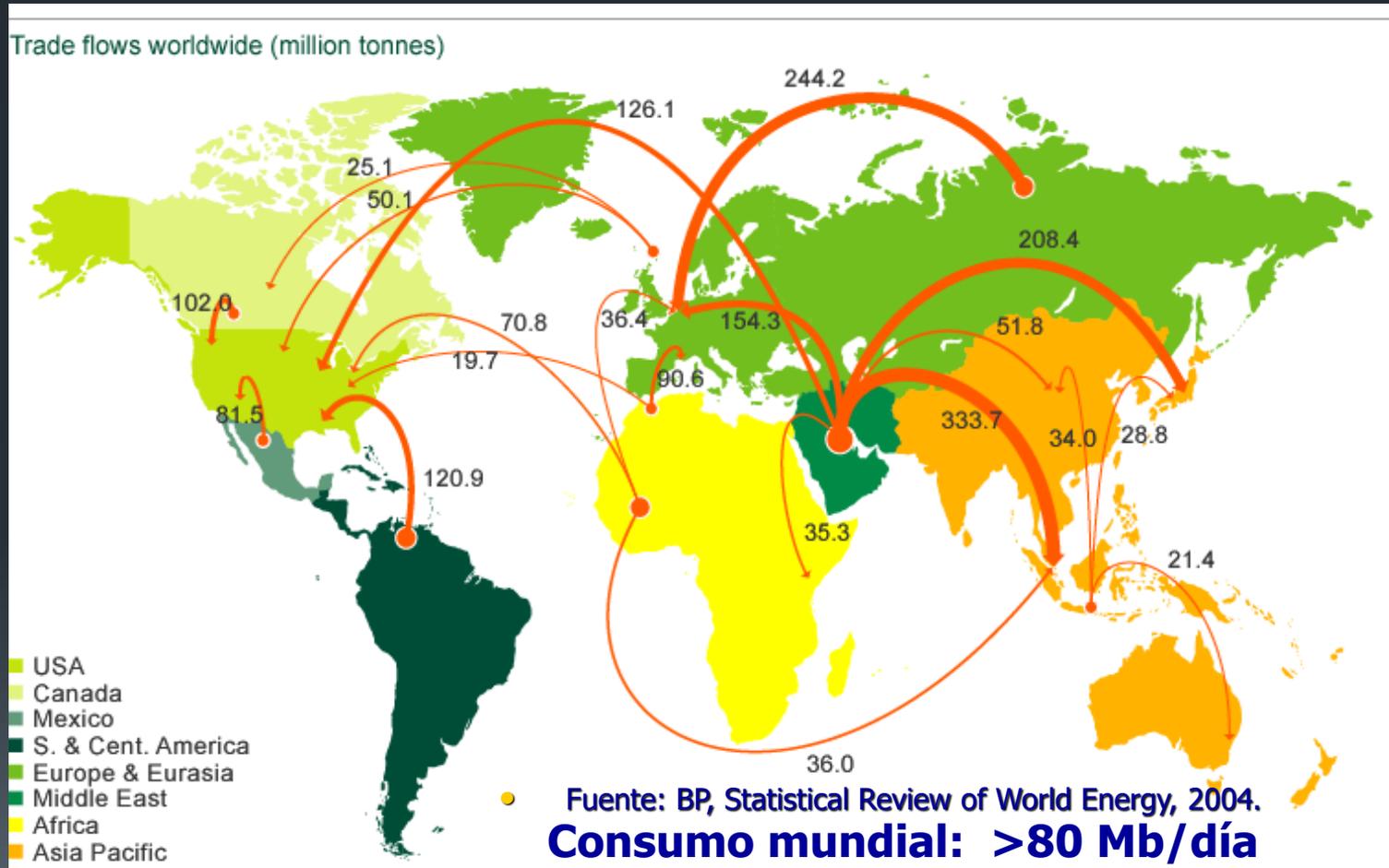
**2019: 1,729.7 Gb; 196.9 Tm<sup>3</sup>.**

|                           | Petróleo                 |            | Gas natural  |                               | P + G      |              |
|---------------------------|--------------------------|------------|--|-------------------------------|------------|--------------|
|                           | tcf<br>Gb                | Gt         | Tm <sup>3</sup><br>(10 <sup>12</sup><br>m <sup>3</sup> ) | Tcf<br>10 <sup>12</sup><br>cf | Gb         | Gb           |
| América del Norte         | 64                       | 9          | 7  | 259                           | 41         | 106          |
| América del Sur y Central | 95                       | 14         | 7  | 245                           | 39         | 134          |
| Europa                    | 19                       | 3          | 5  | 184                           | 29         | 48           |
| Antigua Unión Soviética   | 65                       | 9          | 57   | <u>2,003</u>                  | 318        | 384          |
| Medio Oriente             | <u>684</u>               | 93         | 53   | <u>1,854</u>                  | 295        | 978          |
| África                    | 75                       | 10         | 11   | 394                           | 63         | 137          |
| Asia - Pacífico           | 44                       | 6          | 10   | 365                           | 58         | 102          |
| <b>TOTAL MUNDIAL</b>      | <b>1,046<sup>1</sup></b> | <b>142</b> | <b>150<sup>2</sup></b>                                   | <b>5,304</b>                  | <b>843</b> | <b>1,890</b> |

Reservas probadas de gas por áreas geográficas al final de 2000. tcf, trillones de pies cúbicos. Fuente BP, 2001, Según Parra, 2003. Pag. 106. y BP, *Statistical Review of World Energy*, 2019.

# El Mercado Mundial del Petróleo; Transferencias

- **Geografía Económica (y Política) Mundial del Petróleo**
  - **Comercio mundial de Petróleo; Centros de suministros; cuellos de botella geopolíticos.**



La dependencia del petróleo: la civilización oleófila y oleátrica.

# El Pico de los Hidrocarburos y la Declinación

- El pico de máxima producción mundial de petróleo.

Pico de descubrimientos: 1965

Pico de producción: 2005-2008

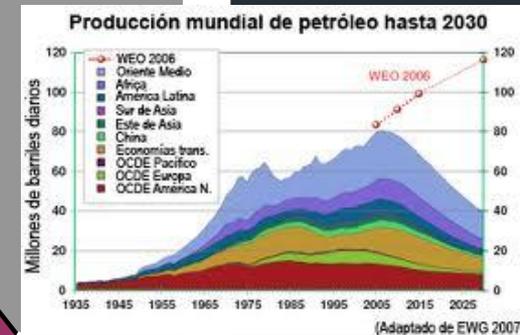
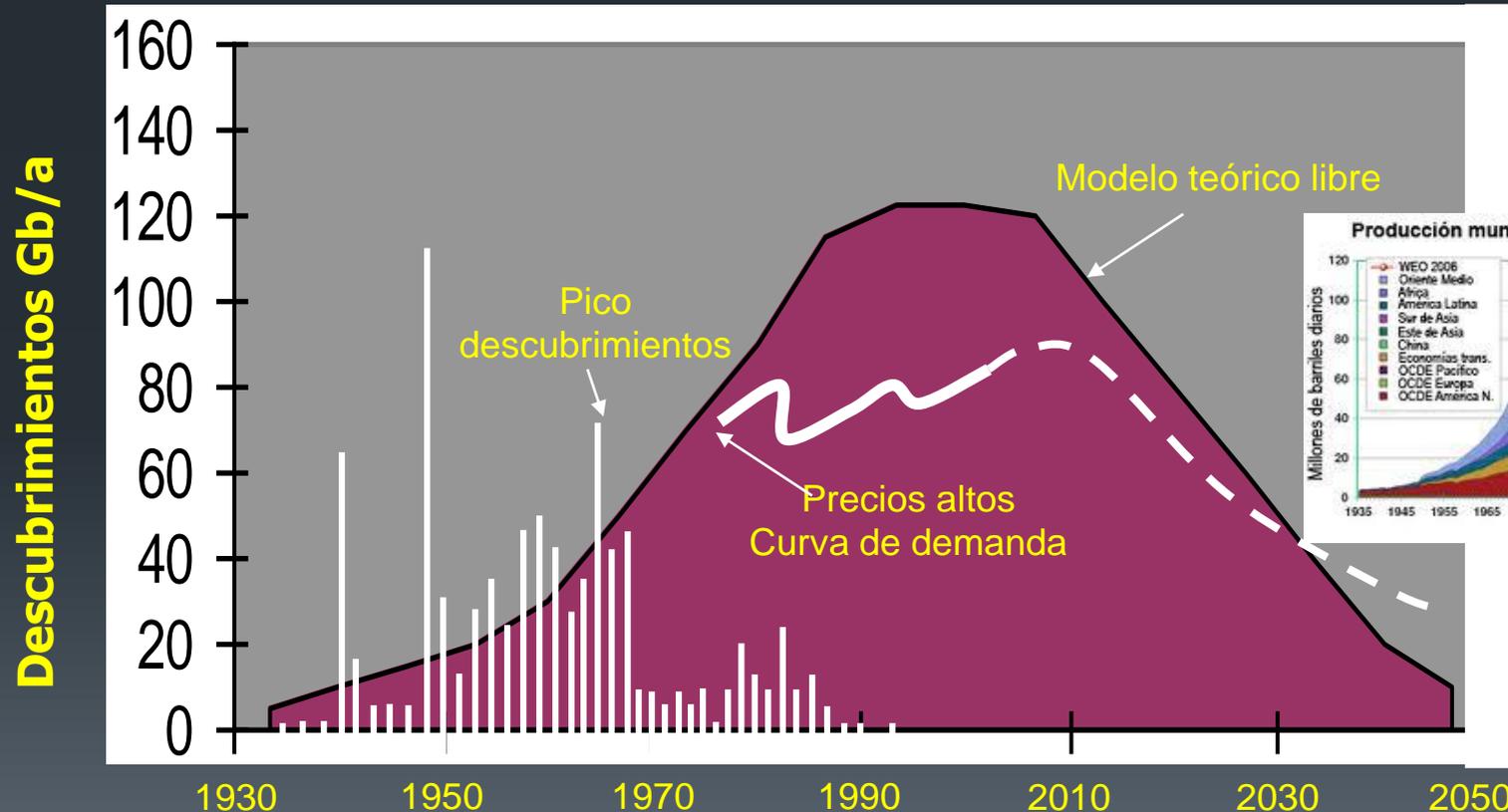
Periodo de existencia: 40 years

## Idea general

Punto medio: Año 2000

Alcance: 2050

Actualmente: 2019.



Declinación petrolera mundial.

C. J. Campbell: *Peak Oil* (Dic. 2000)

# Las escalas de los vectores energéticos

| Energías primarias<br>Vectores  | Energías secundarias  | Energía resultante<br>final                    |
|---|---|--|
| Petróleo<br>Gas natural<br>Carbón<br>Hidráulica<br>Radiactiva (Uranio)<br>Geotermia<br>Biomasa<br>Viento<br>Sol | Gasolina<br>Queroseno<br>Diesel<br>Combustóleo<br>Alcohol<br>Gas sintético<br>Hidrógeno<br>Electricidad | Movimiento<br>Iluminación<br>Calor<br>Potencia |

\*Caso México: **La energía, actividad económica fundamental**; Representa un alto porcentaje del PIB nacional;

\***Fuente de ingresos** fiscales (> 35%);

\***Altos ingresos de divisas** (Más de 70 mil millones dólares anuales);

\***Exportación petrolera** significativa (en promedio, el 50%);

\*Los recursos energéticos son bienes patrimoniales de una nación, que constituyen la base de su **Seguridad Nacional**.\*

# Los Recursos y la Seguridad Nacional

## **POR TANTO, Qué es la SEGURIDAD NACIONAL:**

*“Entendemos por seguridad nacional una situación en la que la mayoría de los sectores y las clases sociales de la nación tengan garantizadas sus necesidades culturales y materiales vitales a través de las decisiones del gobierno nacional de turno y de las acciones del conjunto de instituciones del Estado...”, (Pineyro, 2006:20,21 in Hurtado, 2008:2).”*

Así, la seguridad nacional es la situación y existencia de estrategias y acciones, tanto al interior como al exterior, que un Estado instrumenta y materializa con base en el derecho (*sensu lato*), para preservar su existencia y viabilidad futura en todos los aspectos estratégicos y prioritarios de su patrimonio, economía, sociedad, ambiente y política.

Destacan, por tanto, los aspectos **estratégicos** y **prioritarios**:  
Territorio, Patrimonio, economía, sociedad, ambiente y política.

Aspectos fundamentales de **GESTIÓN DE POLÍTICAS DE ESTADO.**

**EL IMPACTO AMBIENTAL Y EL CAMBIO**



**CLIMÁTICO**

***VERSUS***

**EL CRECIENTE CONSUMO DE ENERGÍA**

**DE ORIGEN FÓSIL**

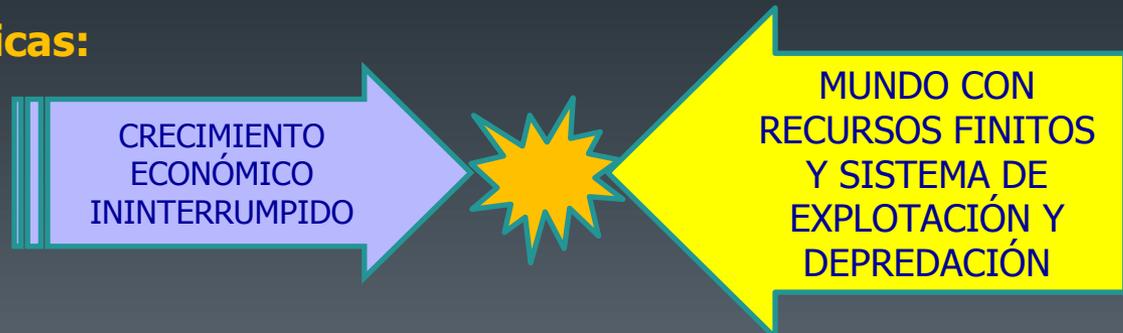
# Características de la Crisis ambiental actual

## • LA ENCRUCIJADA AMBIENTAL ACTUAL



### Por causas económico-políticas:

- 1- Conflictos
- 2- Crisis económicas
- 3- CMN globalización
- 4- Insuficiencia alimentaria
- 5- Crisis humanitarias
- 6- Hambre y pobreza.





**LA ENERGÍA GEOTÉRMICA:**

**UNA ALTERNATIVA DIFERENTE**

**PERSPECTIVAS DE DESARROLLO**

# CONOCIMIENTO: ESTRATEGIAS Y ACCIONES PREVENTIVAS

Actividad sísmica

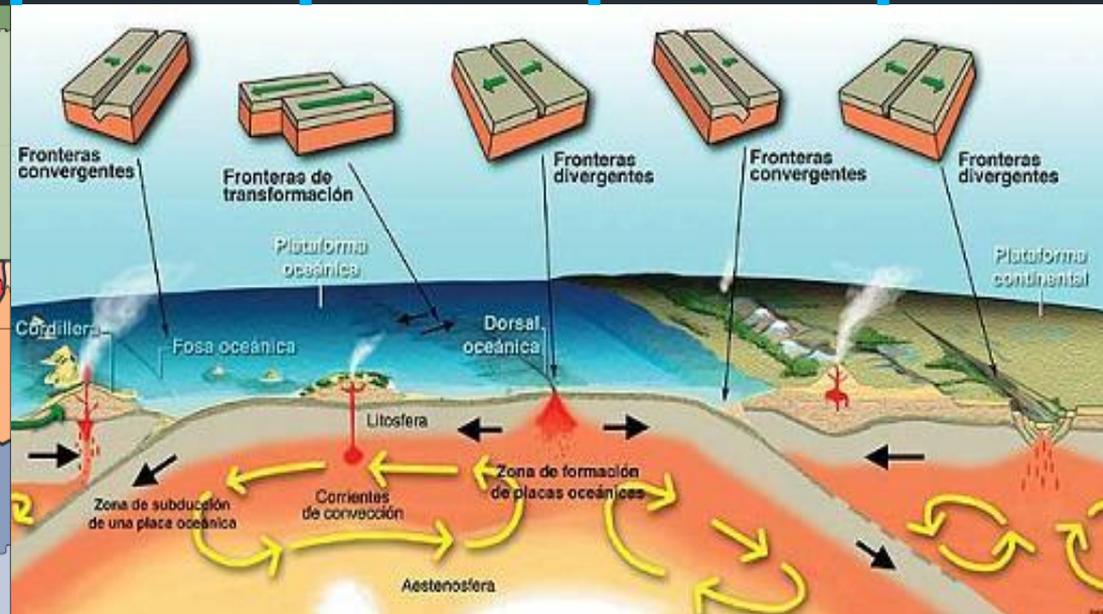
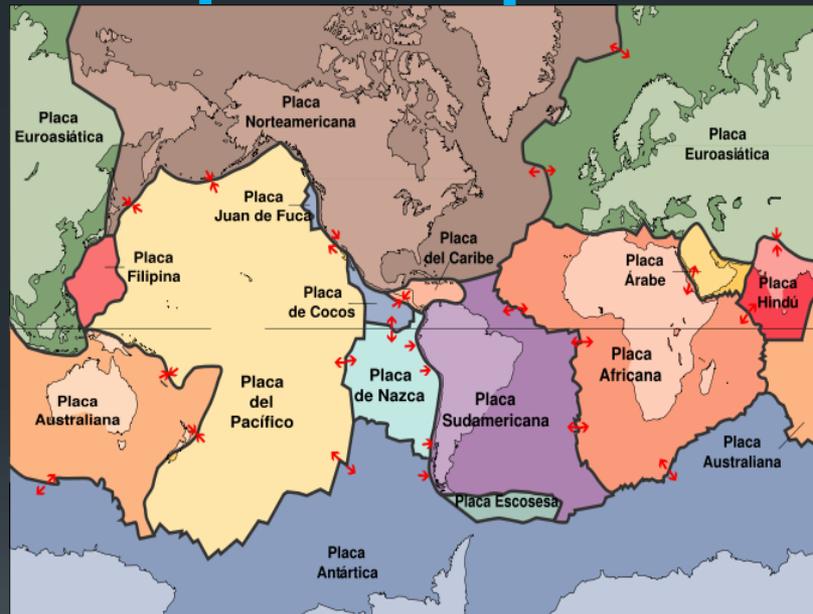
Actividad volcánica

**Energía geotérmica**

Recursos petroleros

Recursos minerales

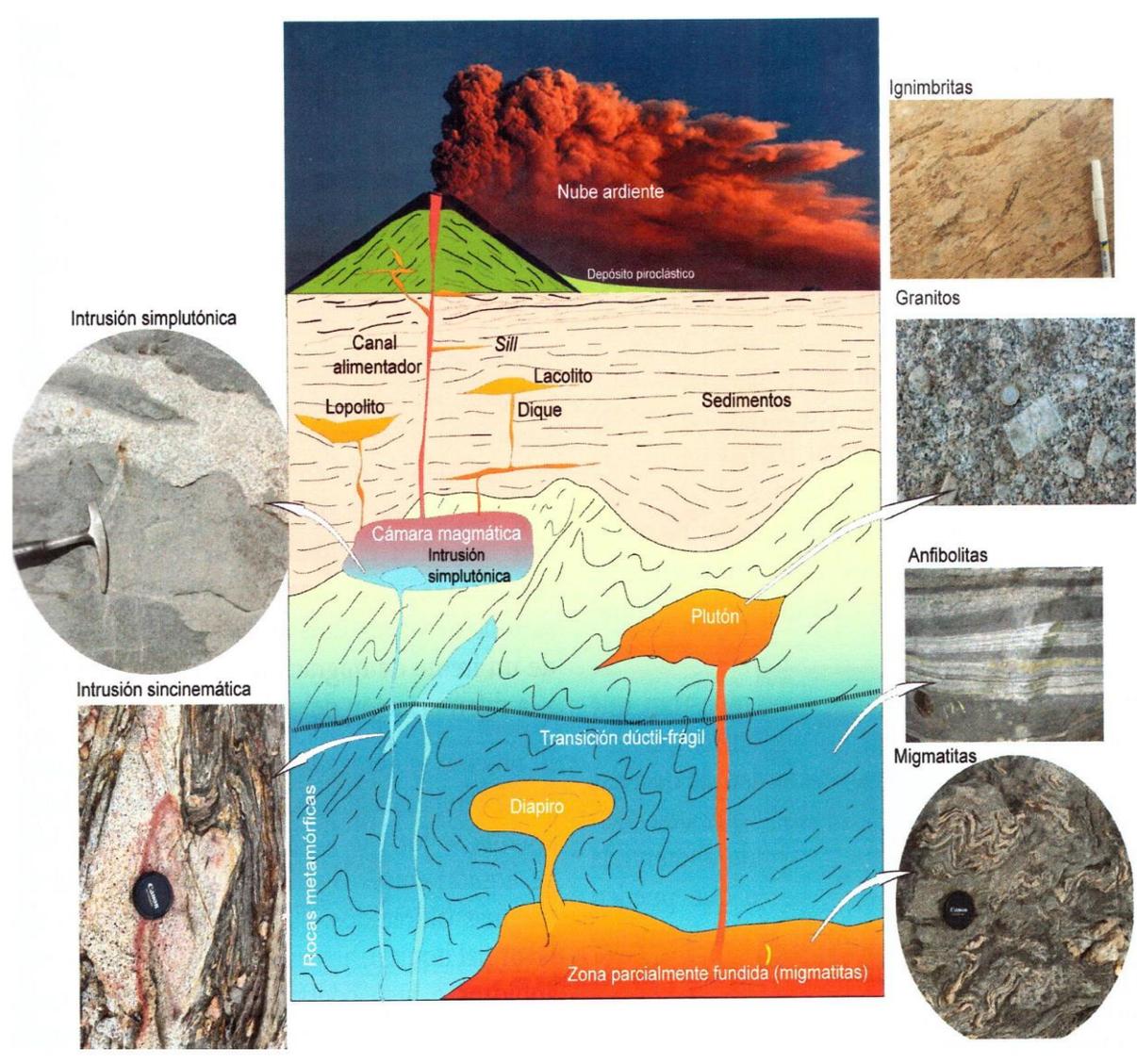
Riesgos naturales



**Paradigma Geología:** El conocimiento del marco tectónico del planeta; distribución de sismos, de cadenas de montañas, de energía geotérmica, vulcanismo, yacimientos minerales, de anomalías geoquímicas, etc.

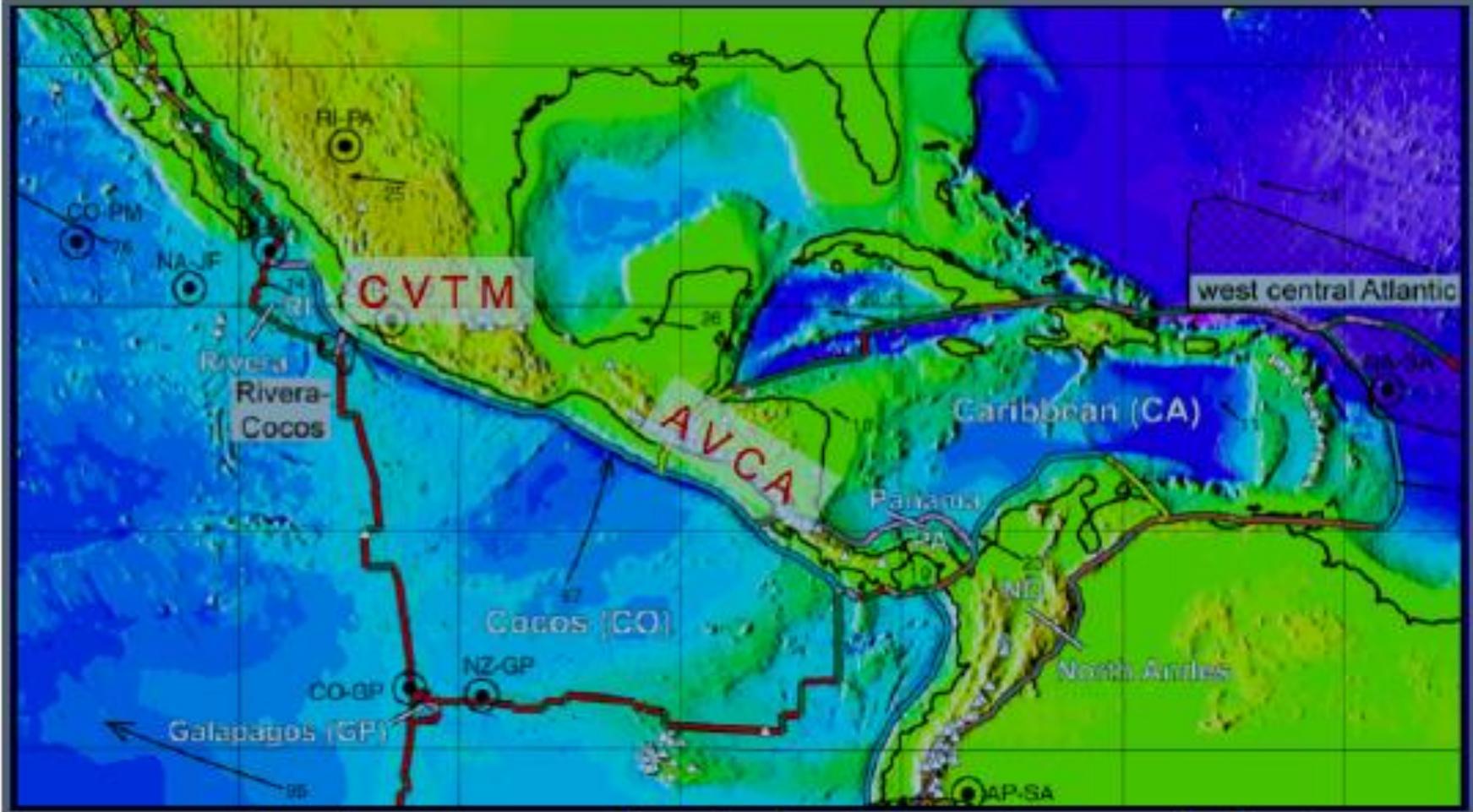
# Marco tectónico y la energía interna de la Tierra

## Magmatismo y vulcanismo: Manifestación de la energía interna



# Marco tectónico y la energía interna de la Tierra

- Magmatismo y vulcanismo: Manifestación de la energía interna



Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) y Arco Volcánico Centroamericano (AVCA). Fuente: Bird (2003) in Ferrari (circa 2010).





# QUÉ ES LA GEOTERMIA

# El calor de la Tierra y Geodinámica interna

## Energía interna de la Tierra

En su origen (ca. 4,500 Ma), la Tierra era una esfera ardiente de silicatos y otros minerales.

La consolidación de la Tierra incandescente originó la litosfera sólida y ésta atrapó en su interior una inagotable fuente de calor. Es un sistema activo donde se crea energía calorífica; irradiando energía al exterior.



# Energía Geotérmica

## Propagación del calor interno de la Tierra

- a.- **Conducción**; interacción entre partículas adyacentes.
- b.- **Convección**: Efectos combinados de la conducción y el movimiento de un fluido, provocado por las diferencias de densidad del mismo.
- c.- **Radiación**: Emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas, como resultado de cambios en las configuraciones electrónicas de átomos y moléculas.

Radiación térmica es la radiación emitida por los cuerpos debido a su temperatura.

En la Litosfera la transferencia de calor es por conducción térmica. En la Astenosfera esto ocurre por convección térmica. Y en la Mesosfera y Endosfera, por convección.

**Características:** Las características de la energía geotérmica son: Económica, limpia, eficiente, continua, local, inagotable, etc.

# Energía Geotérmica

## Manifestaciones geotérmicas

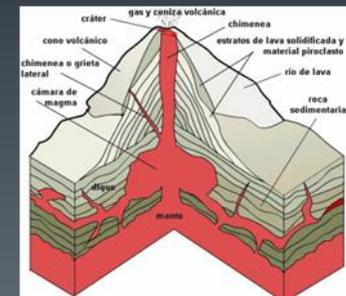
a.- Manifestaciones de magmas, corrientes de lavas o piroclásticos, vapor de agua u otros gases ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , ácidos...).

b.- Manifestaciones volcánicas de gran variedad de extrusión de materiales, líquidos, sólidos y gaseosos.

c.- Cámaras magmáticas y diversas intrusiones ígneas en la corteza y sus procesos magmáticos.

d.- Agua subterránea caliente (aguas termales, géiseres, fumarolas (hasta de 100 a 500°C), solfataras, volcanes de lodo, gases carbono-sulfurosos, etc.).

Géiser: Surtidor intermitente de agua líquida mezclada con vapor de agua (70 a 100°C), con gran cantidad de sales disueltas y en suspensión (v. gr. Yellowstone, Wyoming).



# Energía Geotérmica

## Conceptualización general:

Es la energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la Tierra, en el subsuelo (Alemania, VDI 4640).

## Concepto adoptado por el Consejo Europeo de la Energía Geotérmica (EGEC).

Esta noción incluye el calor almacenado en rocas, suelos, aguas subterráneas, cualesquiera que sea su temperatura, profundidad y procedencia.

Empero, sólo el calor almacenado (de forma concentrada) en fluidos como el agua líquida o en vapor de agua, es susceptible de ser aprovechado económicamente. Esto, mediante sondeos, sondas geotérmicas, colectores horizontales, intercambiadores de calor tierra-aire (enterrados a poca profundidad en el subsuelo).

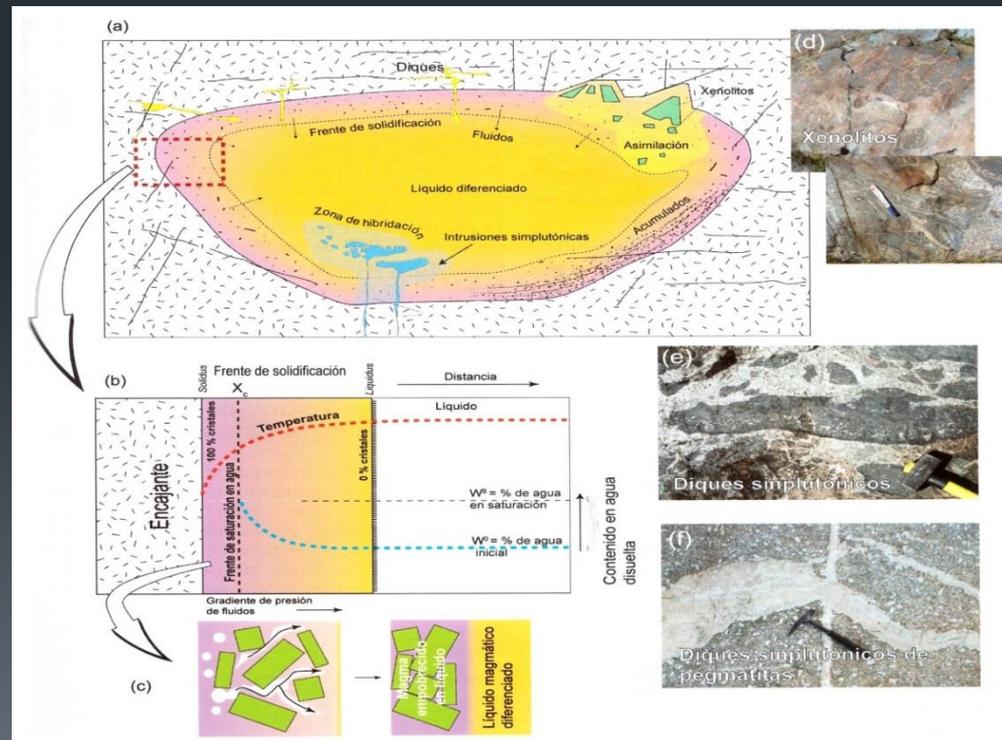
# Recursos geotérmicos, Características

## Definición y tipos de energía geotérmica: Contexto tectónico-magmático-petrogenético

Tipos de Yacimientos geotérmicos, de acuerdo a las condiciones tectónicas, profundidad, actividad magmática, tiempo geológico, petrogénesis-termodinámica y procesos magmáticos internos y externos de la cámara magmática:

### Yacimientos:

- a.- de muy baja temperatura
- b.- de baja temperatura;
- c.- de temperatura media;
- d.- de alta temperatura



**LOS PROGRAMAS DE ESTUDIO**

**Y**

**FORMACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**

**CADENA DE VALOR**

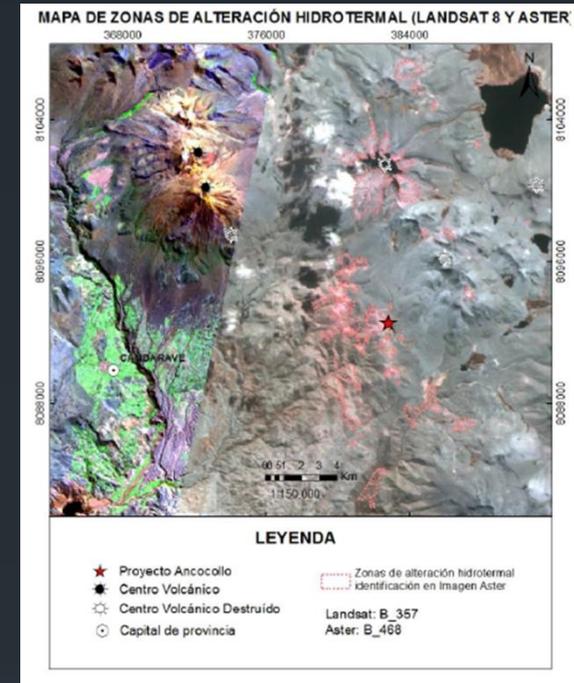
**EN LA INDUSTRIA GEOTÉRMICA**

# Áreas de conocimiento concurrentes

## Los Ejes de Conocimiento en ciencia y tecnología Geotérmica

- I.- Eje Geología;
- II.- Eje Geofísica;
- III.- Eje Geoquímica;
- IV.- Eje Geohidrología;
- V.- Eje Ingeniería de Yacimientos geotérmicos
- VI.- Eje Ingeniería de Plantas geotérmicas;
- VII.- Eje Gestión Ambiental.

Por tanto, el conocimiento “geotérmico” su aplicación y beneficio económico, conllevan la formación, participación e incidencia de múltiples campos del saber de las INGENIERÍAS.



# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

## Espacio pedagógico: Geotermia y exploración: UNAH

### a.- Generalidades y definiciones:

El calor terrestre y el flujo calorífico.

Diversos usos de la energía geotérmica.

Distribución mundial de los campos geotérmicos.

Métodos de exploración geotérmica.

- \*Geodinámica interna
- \*Geotectónica global
- \*Exploración de la energía geotérmica

### b.- Características que controlan el origen y desarrollo de un campo geotérmico:

Tipos y características de las rocas almacenadoras.

Naturaleza del encape o cobertura.

Controles estratigráficos y estructurales.

Actividad magmática y volcánica relacionada.

Naturaleza, cantidad, presión, circulación y origen de los fluidos.

Alteraciones hidrotermales.

Fenómenos de incrustación y corrosión.

- \*Magmatismo
- \*Geología estructural
- \*Procesos geotérmicos e hidrodinámicos

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

## Espacio pedagógico: Geotermia y exploración: UNAH

### c.- Métodos geológicos de estudio:

Investigación de las características geológicas favorables.

Utilización de la fotointerpretación y sensores remotos.

Investigación de la actividad magmática.

Métodos petrográficos y de geoquímica de rocas.

\*Exploración y  
Prospección  
geológica  
\*Teledetección

### d.- Métodos hidrogeológicos de estudio:

Obtención de los parámetros hidrogeológicos.

Determinación de las zonas de recarga y descarga. El balance hidráulico.

Mediciones de la temperatura de los fluidos y sus efectos. Variaciones térmicas en función del flujo.

Pruebas de perforación y problemas que se pueden presentar durante la perforación.

Reinyección de fluidos geotérmicos.

\*Prospección  
geohidrológica

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

## Espacio pedagógico: Geotermia y exploración: UNAH

### e.- Métodos geoquímicos de estudio:

Nociones de isotopía y fraccionamiento isotópico.

Los isótopos ambientales en las aguas naturales.

Isótopos ambientales aplicados al estudio hidrogeológico de campos geotérmicos

Geotermometría isotópica.

\*Prospección  
geoquímica

### f.- Métodos geofísicos de exploración geotérmica:

Métodos eléctricos; magnéticos; gravimétricos; sismológicos; y radioactivos.

Delimitación de anomalías geotérmicas.

Factores económicos de la geotermia.

\*Prospección  
geofísica

### g.- Casos de estudio de campos geotérmicos:

Campos geotérmicos del mundo (italianos; neozelandeses; estadounidenses; mexicanos; etc.) y los campos y prospectos geotérmicos centroamericanos.

\*Casos de  
estudio

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

**Asignatura: Exploración Geotérmica, Carrera de Ing. Petrolera FI, UNAM**

## 1.- Introducción y conceptos de básicos

- 1.1 Definiciones.
- 1.2 El calor terrestre y el flujo calorífico.
- 1.3 Diversos usos de la energía geotérmica.
- 1.4 Distribución mundial de los campos geotérmicos.
- 1.5 Métodos de exploración geotérmica.

- \*Geodinámica interna
- \*Geotectónica global
- \*Aplicaciones de la energía geotérmica

## 2.- Características que controlan el desarrollo de un campo geotérmico

- 2.1 Tipos y características de las rocas almacenadoras.
- 2.2 Naturaleza del encape o cobertura.
- 2.3 Controles estratigráficos.
- 2.4 Controles estructurales.
- 2.5 Actividad magmática.
- 2.6 Naturaleza, cantidad, presión, circulación de fluidos.
- 2.7 Alteraciones hidrotermales.
- 2.8 Fenómenos de incrustación y corrosión.
- 2.9 Factores económicos.

- \*Estratigrafía
- \*Petrofísica
- \*Geología estructural
- \*Termodinámica
- \*Magmatismo
- \*Aplicaciones

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

**Asignatura: Exploración Geotérmica, Carrera de Ing. Petrolera FI, UNAM**

## 3.- Métodos geológicos

- 3.1 Investigación de las características geológicas favorables.
- 3.2 Utilización de la fotointerpretación y sensores remotos.
- 3.3 Investigación de la actividad magmática.
- 3.4 Métodos petrográficos y de geoquímica de rocas.
- 3.5 Resultados.

- \*Geología de subsuelo
- \*Teledetección
- \*Petrología y petrografía

## 4.- Métodos hidrogeológicos

- 4.1 Obtención de los parámetros hidrogeológicos.
- 4.2 Determinación de las zonas de recarga y descarga. El balance hidráulico.
- 4.3 Mediciones de la temperatura de los fluidos y sus efectos. Variaciones térmicas en función del flujo.
- 4.4 Pruebas de perforación y problemas que se pueden presentar durante la perforación.
- 4.5 Reinyección de fluidos geotérmicos.
- 4.6 Resultados.

- \*Geohidrología
- \*Perforación
- \*Geotermometría
- \*Ingeniería hidráulica

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

**Asignatura: Exploración Geotérmica, Carrera de Ing. Petrolera FI, UNAM**

## 5.- Métodos geoquímicos

5.1 Nociones de isotopía y fraccionamiento isotópico.

5.2 Los isótopos ambientales en las aguas naturales.

5.3 Isótopos ambientales aplicados al estudio hidrogeológico de campos geotérmicos.

5.4 Geotermometría isotópica.

5.5 Resultados.

## 6.- Métodos geofísicos

6.1 Métodos eléctricos

6.2 Métodos magnéticos

6.3 Métodos gravimétricos

6.4 Métodos sismológicos

6.5 Métodos radioactivos

6.6 Delimitación de anomalías geotérmicas

6.7 Resultados

## 7.- Casos de estudio

\*Geoquímica

\*Geotermometría

\*Geofísica teórica

\*Métodos de  
prospección geofísica

\*Integración, gestión  
técnica de proyectos

\*Administración de  
proyectos

\*Aplicaciones de la  
energía geotérmica

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

## Espacio pedagógico: Vulcanología, hidrotermalismo y riesgos volcánicos UNAH

- a.- Introducción:** Importancia de la vulcanología; Actividad magmática y volcánica.
- b.- Materiales y productos volcánicos:** Mineralogía y clasificación de las rocas volcánicas extrusivas (procesos de evolución magmática: Series alcalina y toleítica, transicional, calco-alcalina y potásica).
- c.- Estructuras, formas y aparatos volcánicos:** erupciones centrales, fisurales, depresiones, proyecciones balísticas, flujos de lodo, etc.
- d.- La actividad volcánica,** características y clasificación: actividad pasiva, moderada y explosiva.
- e.- La actividad volcánica** y los fenómenos hidrotermales; la génesis de la energía geotérmica.
- f.- Evaluación del potencial geotérmico** y factores económicos de la geotermia.
- g.- Naturaleza y zonificación** de los riesgos volcánicos.
- h.- La predicción de los riesgos** y peligros volcánicos.
- i.- Vigilancia de la actividad volcánica** y predicciones a corto plazo.
- j.- Mitigación de los peligros volcánicos** y medidas de protección.
- k.- Casos de estudio;** áreas volcánicas actualmente activas.

- \*Tectónica
- \*Procesos magmáticos
- \*Vulcanología
- \*Hidrotermalismo

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

**Espacio pedagógico: Flujo de fluidos en medios porosos.**

**FI, UNAM**

## **a.- El medio poroso:**

a.1.- Definiciones y clasificación;

a.2.- Descripción estadística del medio poroso; Distribución del tamaño de las partículas y de los poros;

a.3.- Superficie específica;

a.4.- Conceptos de homogeneidad, isotropía y anisotropía.

## **b.- Conceptos matemáticos de la mecánica de fluidos:**

b.1.- Funciones: gamma y error de Bessel;

b.2.- Ecuaciones diferenciales parciales.

\*Hidráulica  
\*Mecánica de fluidos  
\*Geohidrología

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

**Espacio pedagógico: Flujo de fluidos en medios porosos.**

**FI, UNAM**

## **c.- Teoría del flujo de fluidos en medios porosos:**

- c.1.- Mecanismo y tipo de flujo: Flujo laminar, flujo viscoso, flujo turbulento, flujo laminar simultáneo de fluidos inmiscibles;
- c.2.- Potencial de corriente;
- c.3.- Limitaciones de la hidrodinámica;
- c.4.- Ley de Darcy en forma diferencial;
- c.5.- Permeabilidad relativa;
- c.6.- Ley de Darcy para medio anisotrópico;
- c.7.- Ecuaciones de estado para fluidos;
- c.8.- Ecuación diferencial de flujo de fluidos en un medio poroso;
- c.9.- Condiciones de frontera;
- c.10 Ecuación de Forcheimer.

**\*Mecánica de fluidos**

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

Espacio pedagógico: Flujo de fluidos en medios porosos.

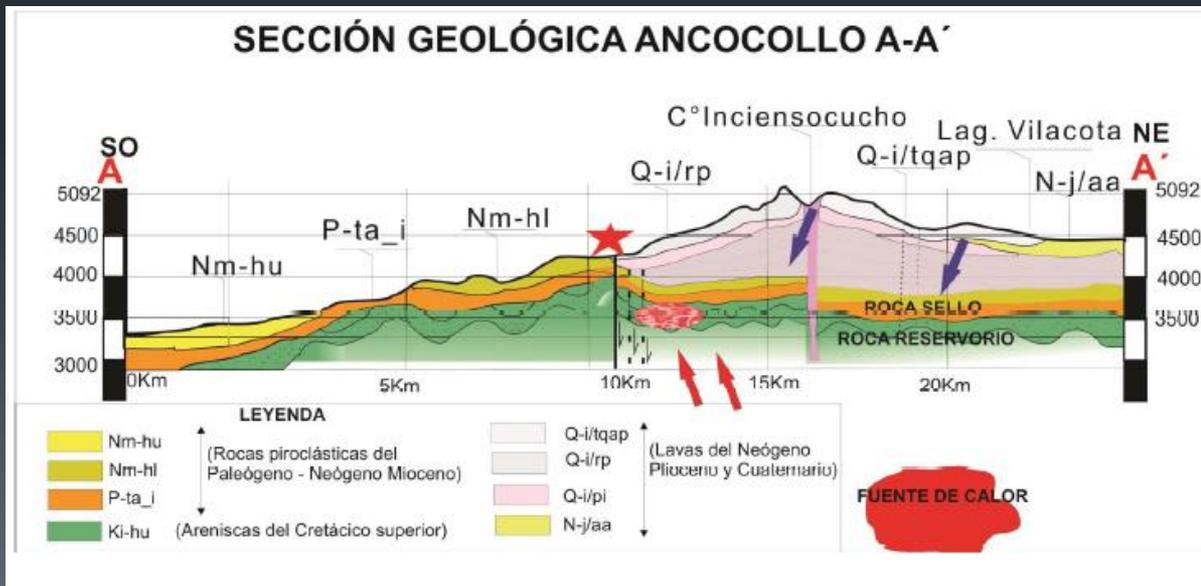
FI, UNAM

## d.- Aplicaciones:

d.1.- Ecuaciones de flujo en diferentes sistemas de coordenadas;

d.2.- Soluciones de estas ecuaciones para diferentes condiciones de fronteras (yacimiento infinito, gasto constante; yacimiento cilíndrico, gasto constante en el pozo y cero flujo en la frontera externa, etc.);

d.3.- Generalidades sobre la simulación numérica de yacimientos.



\*Mecánica de fluidos  
\*Hidráulica subterránea  
y Geohidrología

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

**Espacio pedagógico: Exploración geohidrológica e impacto ambiental: FI, UNAH**

**a.- Introducción:** Conceptos fundamentales sobre la Geohidrología y los métodos de exploración del agua subterránea.

**b.- El ciclo hidrológico;** Propiedades químicas y físicas del agua. Los análisis químicos y físicos y la calidad del agua.

**c.- Contextos geológicos** y la existencia de los acuíferos y su clasificación. Propiedades petrofísicas de los acuíferos (porosidad y permeabilidad)

**d.- Teoría elemental del movimiento de agua subterránea.** Ley de Darcy.

**e.- La exploración del agua subterránea**

**f.- Métodos geológicos** de exploración del agua subterránea;

**g.- Métodos geofísicos** de superficie.

**h.- Sondeos de reconocimiento;** equipos de perforación y excavación.

**i.- Registros geofísicos** en pozos: Registros eléctricos; Resistividad normal larga, Resistividad normal corta, Resistividad lateral; Potencial espontáneo; Rayos gamma natural, Registro litológico.

**j.- Contextos geológicos** del agua subterránea en los diferentes tipos de rocas y estructuras.

**k.- Diseño de pozos** para explotación.

**l.- Contaminación** de pozos y acuíferos.

**m.- Normatividad** en materia de contaminación de agua subterránea.

**n.- Inventario geohidrológico** de Honduras y contexto ambiental.

\*Geohidrología  
\*Mecánica de fluidos  
\*Geología y geofísica  
\*Impacto ambiental

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

Espacio pedagógico: Tectónica global o geotectónica global

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

a.- **Introducción**: dominio y alcance de la Tectónica de placas o Geotectónica.

b.- Mecánica de la deformación litosférica.

c.- **La Corteza terrestre**, la astenosfera, el manto y el núcleo: sus características.

d.- La teoría de la deriva continental: Alfred Wegener: Pruebas de la deriva continental.

e.- **La exploración** del fondo oceánico.

f.- La hipótesis de la expansión del fondo oceánico.

g.- **La tectónica de placas**: concepto de placa; tipos de límites entre las placas. Dinámica.

h.- Límites distensivos o divergentes: las dorsales oceánicas.

i.- **Límites compresivos**: las zonas de subducción.

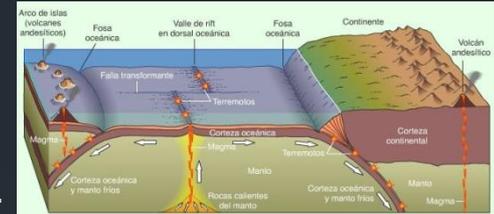
j.- Límites de fallas transformantes y de desplazamiento lateral.

k.- **Procesos de la tectónica de placas**: del rift a la oceanización.

l.- La tectónica de placas y los diferentes contextos regionales.

m.- **Tectónica de placas** y sus relaciones con la orogenia, el vulcanismo, la sismicidad.

n.- Tectónica de placas y la prospección de recursos naturales no renovables (hidrocarburos, carbón, geotermia, yacimientos minerales, etc.).



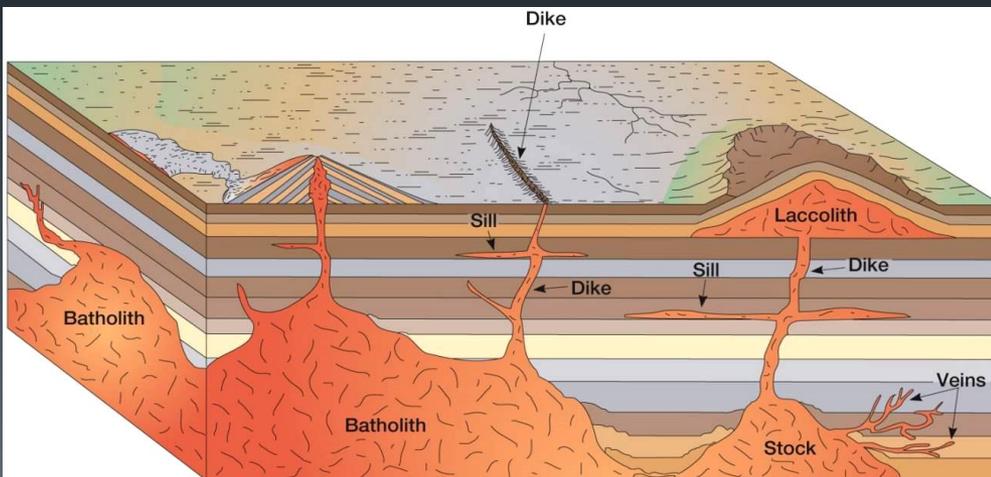
- \*Geodinámica interna
- \*Geotectónica global
- \*Mecánica del medio continuo
- \*Geología estructural

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

## Espacio pedagógico: Petrología ígnea

### INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

- a.- Introducción; principios de equilibrio químico aplicado a las rocas.
- b.- Cristalización de minerales ígneos a partir de mezclas silicatadas fundidas.
- c.- Características y clasificación de las rocas ígneas.
- d.- Series de reacción de Bowen; series continuas y discontinuas.
- e.- Cristalización de los magmas basálticos y graníticos.
- f.- Asociaciones de las rocas ígneas; Cristalizaciones diferenciales.
- g.- Petrogénesis de las rocas ígneas y Procesos magmáticos.
- h.- Las rocas ígneas intrusivas y las rocas ígneas extrusivas; criterios de diferenciación.
- i.- Asociaciones de rocas intrusivas y volcánicas en el contexto de las regiones orogénicas.



- \*Termodinámica
- \*Procesos magmáticos
- \*Petrología y Petrografía ígneas
- \*Petrogénesis
- \*Geotectónica global

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

## Espacio pedagógico: Exploración geofísica

### FI, UNAM

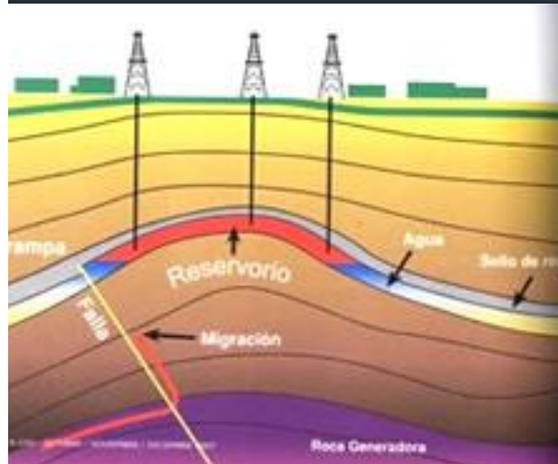
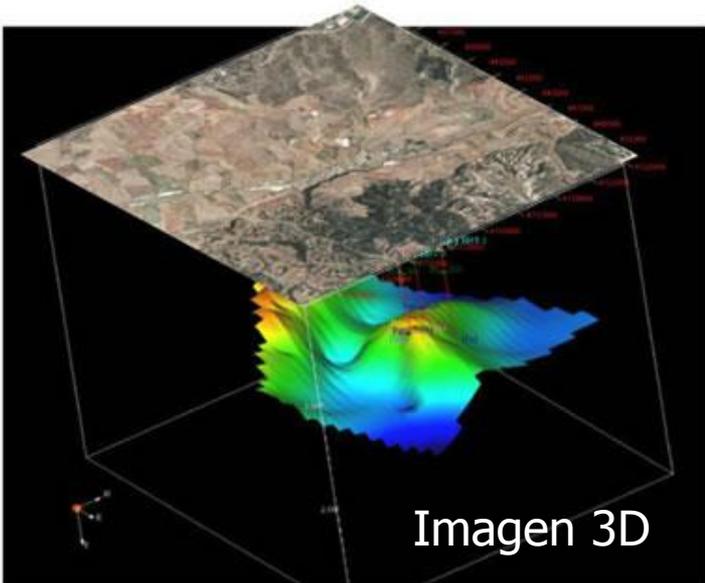
- a.- Introducción: los fundamentos de Geofísica y los métodos de aplicación a la exploración.
- b.- Teoría de la elasticidad y la propagación de ondas elásticas o sísmicas en los materiales terrestres.
- c.- Sismicidad y estructura de la Tierra.
- d.- Instrumentos y tecnología sísmica para exploración.
- e.- El método de refracción sísmica.
- f.- El método de reflexión sísmica.
- g.- Principios básicos de la prospección por gravedad. Gravedad terrestre; el principio de la isostasia.
- h.- Medición gravimétrica en campo y sus correcciones.
- i.- Interpretación de los datos gravimétricos.
- j.- Prospección magnética: Principios e instrumentos. Magnetismo terrestre.
- k.- Medición magnética e interpretación de datos.
- l.- Métodos eléctricos de prospección.
- m.- Los métodos de prospección geofísica hacia diferentes objetivos: exploración petrolera, minera, hidrológica.

\*Geofísica teórica  
\*Métodos geofísicos de exploración

# Espacios Pedagógicos y sus Áreas Temáticas

**Espacio pedagógico: Exploración geológica, Geología de campo y de subsuelo**  
**FI, UNAM**

- a.- Fundamentos y métodos de la Geología de subsuelo.
- b.- Métodos de exploración directa: Perforación de pozos y muestreo geológico.
- c.- Técnicas de muestreo y manejo de equipos de perforación.
- d.- Métodos de exploración indirecta: Utilización de las herramientas de prospección geofísica.
- e.- Técnicas geofísicas de registros de pozos.
- f.- Cartografía geológica y técnicas de representación geológica (estratigráfica, estructural).
- g.- Metodología de la interpretación geológica de datos geofísicos.



- \*Geología de campo
- \*Geología de subsuelo
- \*Cartografía y SIG's
- \*Teledetección aeroespacial

# Exploración Geotérmica para un Modelo Geológico Integral

## Enfoque Metodológico según las asignaturas incidentes

### I.- Exploración Geológica Superficial y de Subsuelo en Geotermia

Marco Tectónico-Geotérmico

Fuentes de Calor

Roca Reservorio

Capas – sello

Basamento Tectónico – magmático

Evidencias y Fenómenos Geológico-hidrotermales

Marco Estructural del Yacimiento

Modelo Geológico Conceptual

### II.- Exploración Aérea por Teledetección y Detección Aérea

Identificación y zonación de anomalías geotérmicas

Análisis radiométrico de zonas

Zonificación geoquímica (alteraciones) e hidrotermal

Jerarquización de manifestaciones geotérmicas



# Exploración Geotérmica para un Modelo Geológico Integral

## Enfoque Metodológico

### III.- Exploración Geofísica

III.1.- Métodos Potenciales Gravimetría y Magnetometría

III.2.- Métodos de Exploración Sísmica (Reflexión Refracción)

III.3.- Exploración Eléctrica y Magnetotelúrica

### IV.- Exploración Geoquímica y Geohidrológica

Zonificación y cartografía de alteración geoquímica e hidrotermal

### V.- Integración y Cartografía de Factibilidad

V.1.- Marco Regional y Marco Local

### VI.- Estudios de Factibilidad para perforación exploratoria

Evaluación del potencial geotérmico

Diseño de desarrollo de pozos exploratorios

Ingeniería de Construcción de la Planta Geotérmica

### VII.- Estudios de Impacto Ambiental

# Ingenierías Incidentes en el conocimiento geotérmico

Interrelación de los campos de ingenierías afines a la Geotermia

(No se muestran las ingenierías y especialidades de apoyo)





**LA CADENA DE VALOR**

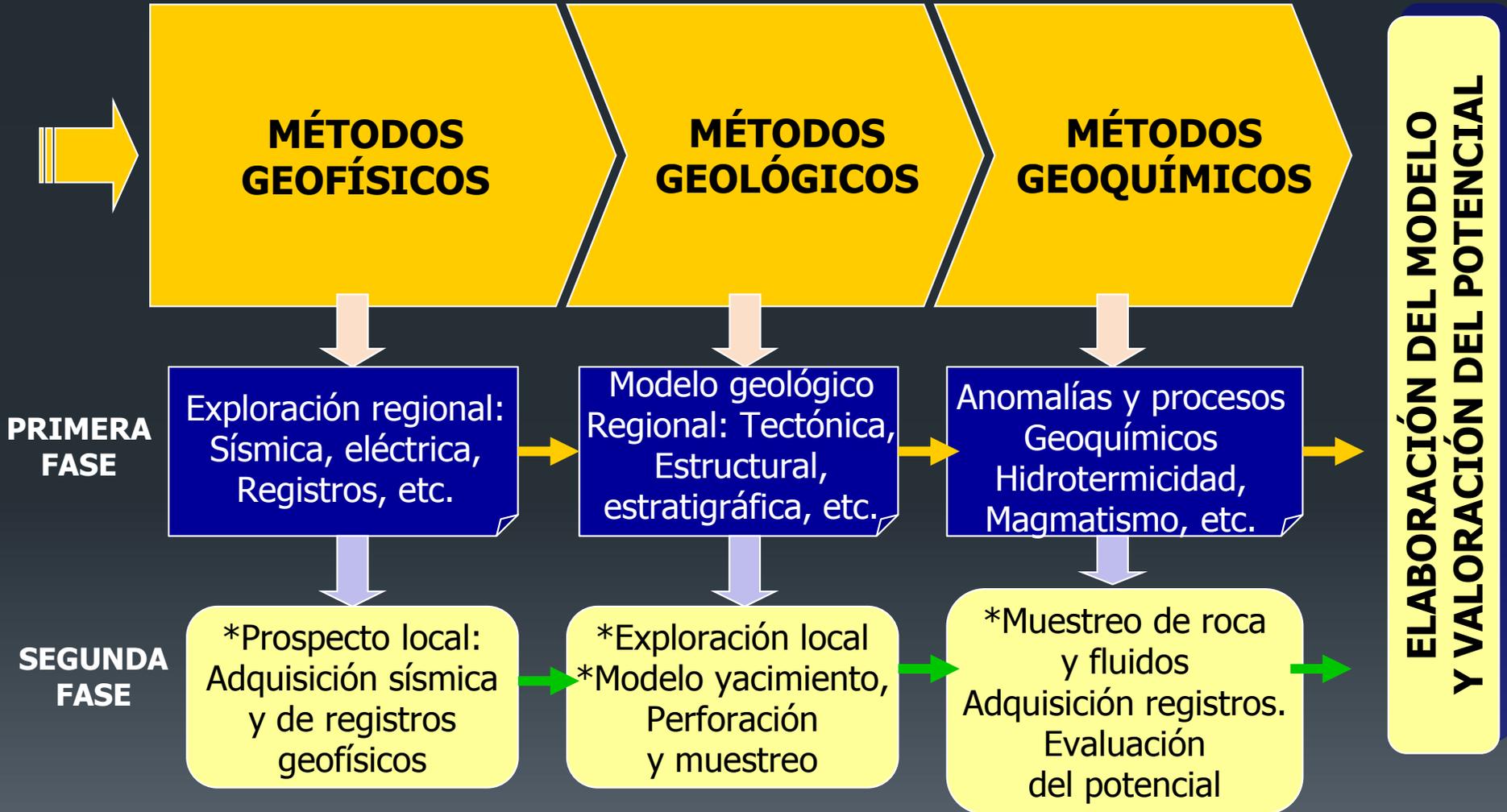
**EN LA INDUSTRIA GEOTÉRMICA**

# Cadena general de valor de la industria geotérmica



# Marco tectónico y la energía interna de la Tierra

- Metodología Integral: Exploración geotérmica





**EL DESARROLLO PRESENTE**

**Y PERSPECTIVAS FUTURAS**

**DE LA INDUSTRIA GEOTÉRMICA**

# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo: Europa\*

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

#### 1.- Evolución del mercado (Necesidades Energéticas)

##### Centrales geotermo-eléctricas

Potencia instalada

Mercados nacionales

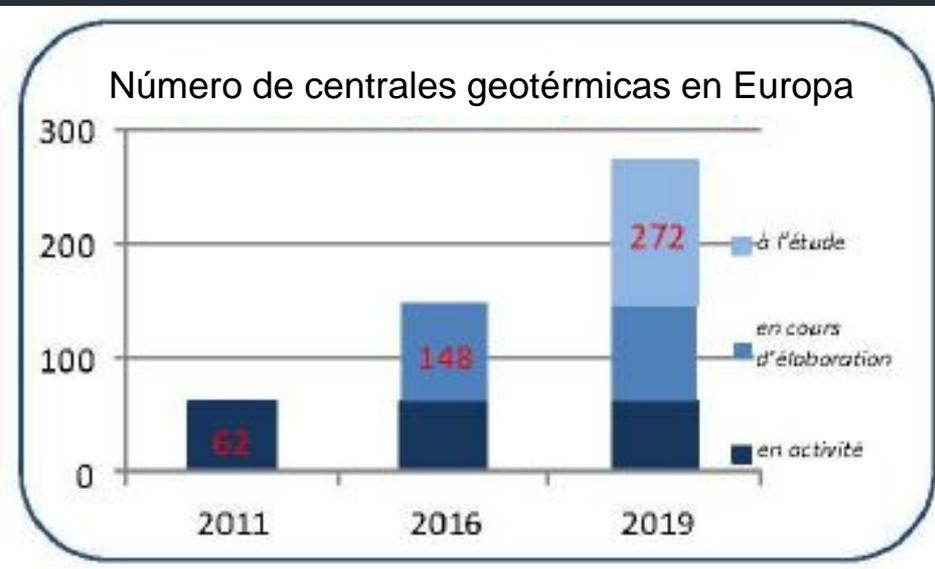
Factor de carga

Tecnología de las centrales geotérmicas

\*La producción de electricidad geotérmica ha crecido enormemente;

\*Hay 62 centrales geotérmicas en actividad; 48 situadas en Europa (35 en Italia);

\*Actualmente, en proceso de elaboración: 86 centrales y 98 en fase de exploración (proceso 5 a 7 años para ser operacional).



\*Fuente: Programme of the European Union; Geoelec; BRGM, 2016.

# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

#### 1.- Evolución del mercado (Necesidades Energéticas)

Centrales geotermo-eléctricas

**Potencia instalada**

Mercados nacionales

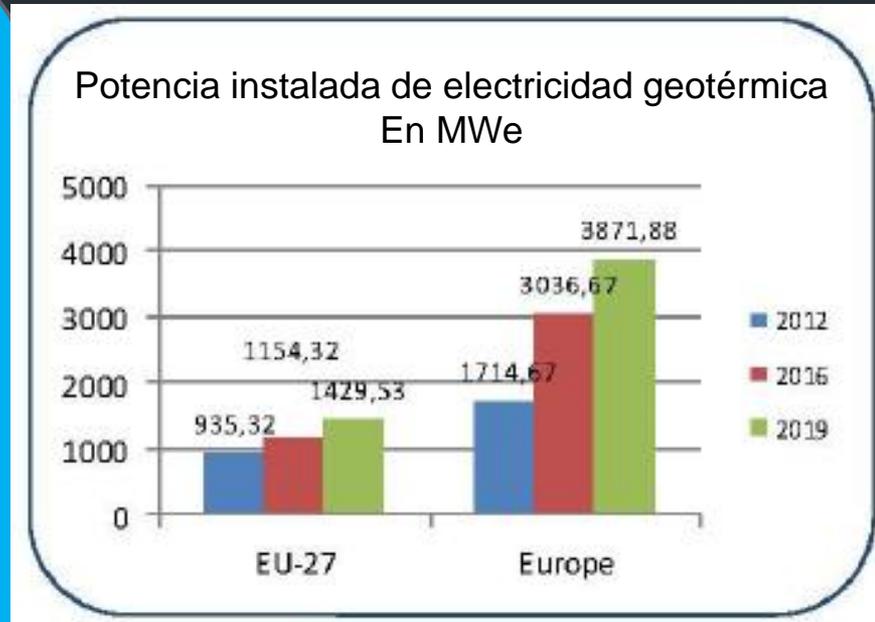
Factor de carga

Tecnología de las centrales geotérmicas

\*Potencia instalada en 2012: 1.71 GWe; produciendo 11.38 TWh/año;

\*Potencia a alcanzada en 2016: 3 GWe;

\*Potencia suplementaria alcanzada en 2019:1 GWe; por tanto será de 4 GWe.



# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

#### 1.- Evolución del mercado (Necesidades Energéticas)

Centrales geotermo-eléctricas

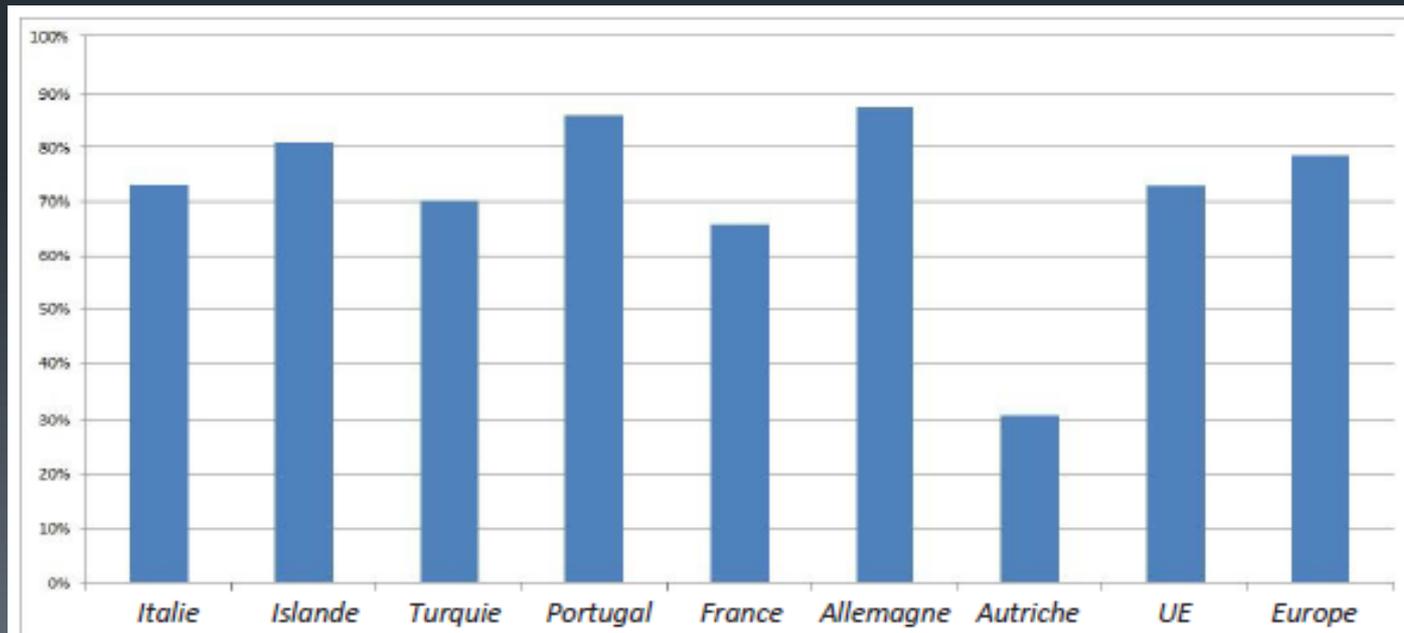
Potencia instalada

Mercados nacionales

**Factor de carga**

Tecnología de las centrales geotérmicas

- \*La electricidad geotérmica es renovable y flexible;
- \*No condicionada por factores climáticos: Operan del 75% al 95% del tiempo;
- \*Funcionan para generar electricidad y para calefacción urbana (doméstica e industrial).



# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

#### 1.- Evolución del mercado (Necesidades Energéticas)

Centrales geotermo-eléctricas

Potencia instalada

Mercados nacionales

Factor de carga

**Tecnología de las centrales geotérmicas**

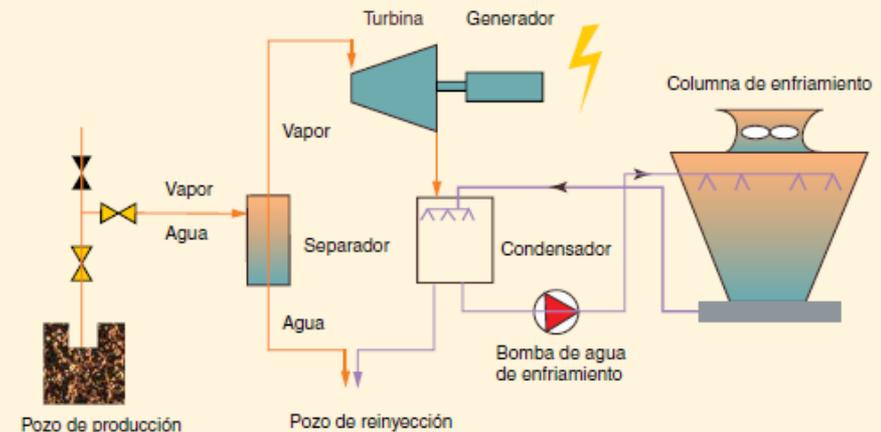
\*Tres tipos de centrales eléctricas funcionan en Europa:

- 1.- Convencional o hidrotermal;
- 2.- De ciclo binario;
- 3.- Central EGS (*Enhanced Geothermal System*) o Sistema geotérmico estimulado;

\*La mayoría de centrales ahora usadas son convencionales;

\*En 2019 hay más de 40 funcionando.

Concepto de central geotérmica por condensación



Fuente | Modificado de Dickson y Fanelli 2004.

# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

### 1.- Evolución del mercado (Necesidades Energéticas)

Centrales geotermo-eléctricas

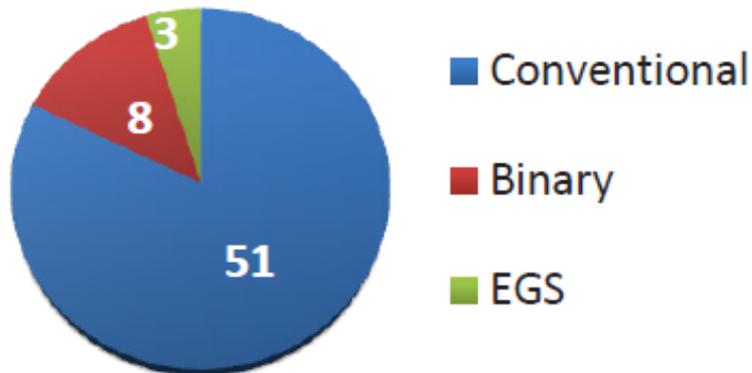
Potencia instalada

Mercados nacionales

Factor de carga

Tecnología de las centrales geotérmicas

Nombre de centrales eléctricas  
géothermiques existantes



**ACTUALMENTE**

Conventionnelle = 85 %  
Cycle binaire = 12 %  
EGS = 3 %

# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

### 1.- Evolución del mercado (Necesidades Energéticas)

Centrales geotermo-eléctricas

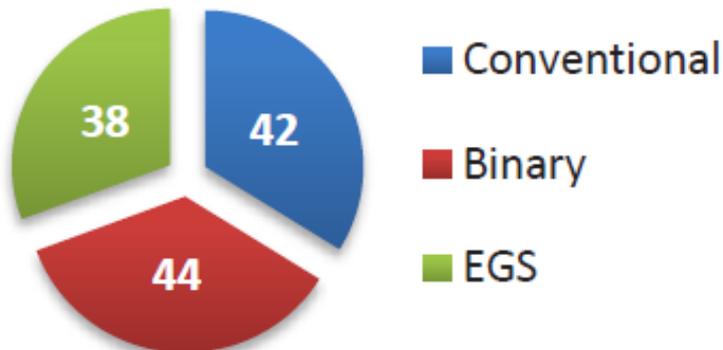
Potencia instalada

Mercados nacionales

Factor de carga

Tecnología de las centrales geotérmicas

*Perspective de centrales électriques géothermiques en Europe*



**A LARGO PLAZO**

*Conventionnelle = 55 %  
Cycle binaire = 27  
EGS = 18 %*

# Estructura Geotérmica – Electricidad

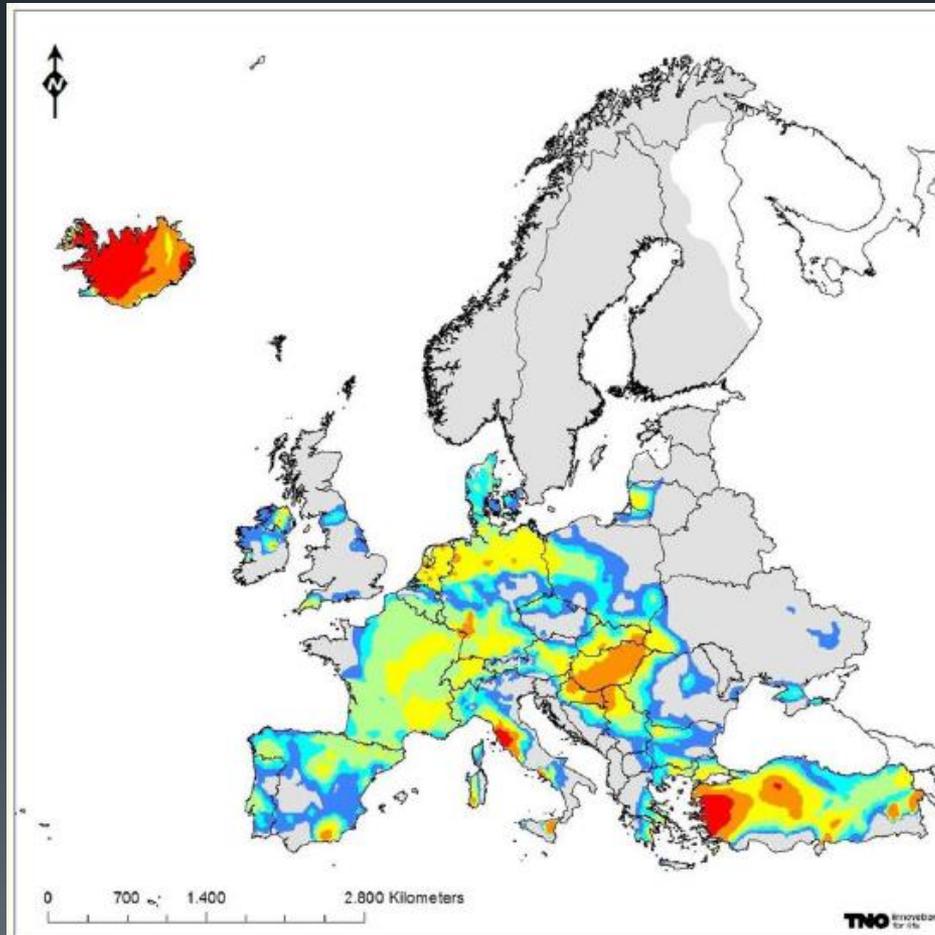
## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

### 2.- Potencial Geotérmico

Evaluación de los recursos

Perspectivas del potencial europeo hacia 2020, 2030 y 2050



**Potencial económico de  
Energía geotérmica en  
2030:**  
**\*34 TWh para UE-28;**  
**\*174 TWh para el  
potencial total de Europa**

**Valor máximo en  
Euros/MWh**



# Estructura Geotérmica – Electricidad

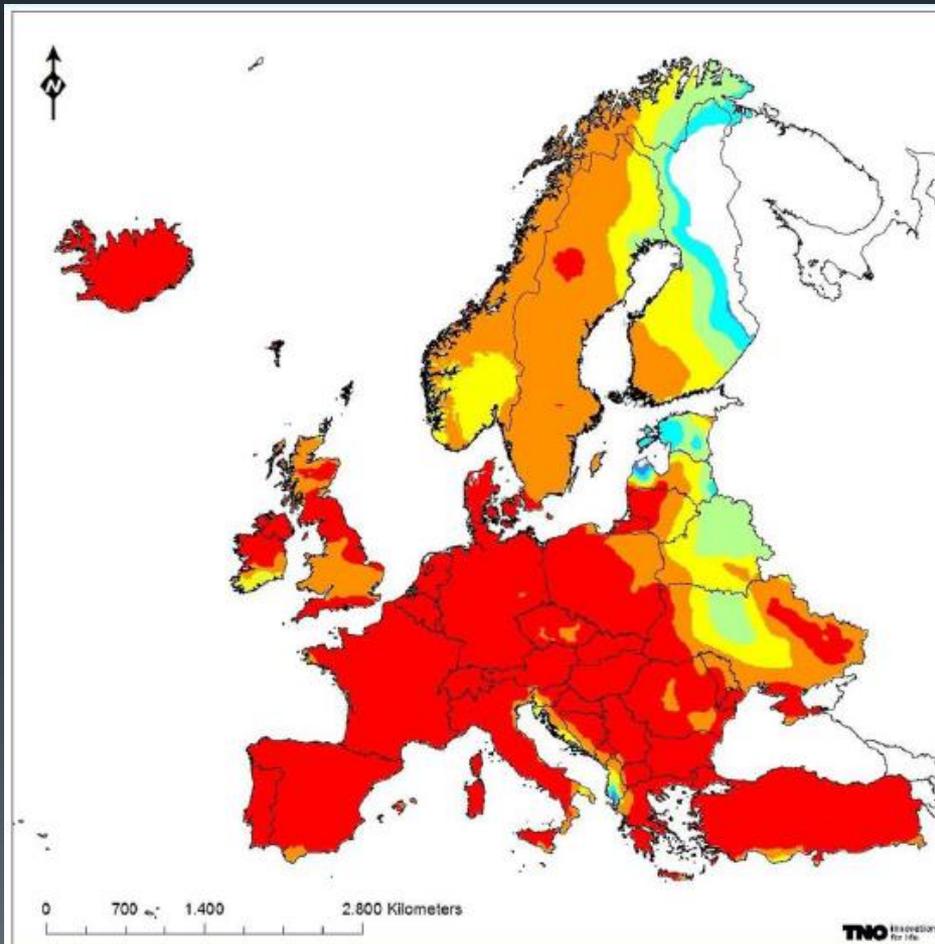
## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

### 2.- Potencial Geotérmico

Evaluación de los recursos

Perspectivas del potencial europeo hacia 2020, 2030 y 2050



Potencial económico de  
Energía geotérmica para  
2050:

\*2,570 TWh en EU-28;

\*Cerca de 4,000 TWh para el  
potencial total de Europa.

Valor máximo en  
Euros/MWh



# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

**Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia**

### 3.- Aspectos Financieros y Económicos

Ventajas y oportunidades

Financiamiento de proyectos

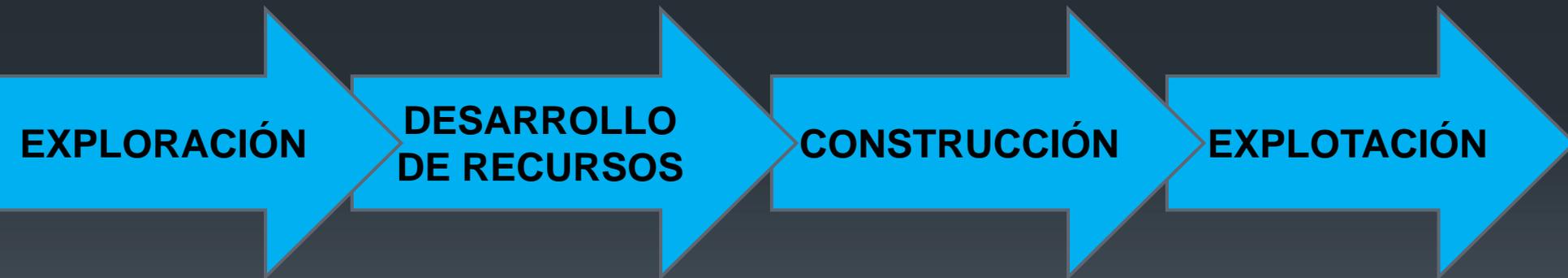
Costos de proyectos, Costos de perforación

Seguridad y riesgos

Acceso a las redes de distribución eléctrica nacional

Procesos de otorgamiento de licencias

Retos e impactos ambientales



Identificación del sitio  
Estudios factibilidad  
Permisos de explotación  
Aseguramiento

Perforación  
Pruebas de bombeo

Implantación  
de centrales

Etapa de Producción

# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

#### 4.- Formación de Recursos especializados y Empleo

Estructura educativa, científica y tecnológica

Creación de empleos, categorías, calificaciones y variedades

Plan de acción para el empleo

\*Mejora del sistema educativo primario;

\*Mejora y optimización de la educación profesional y de investigación a nivel científico y tecnológico;

\*Desarrollo vinculante con el sector público y empresarial, y la sociedad en general



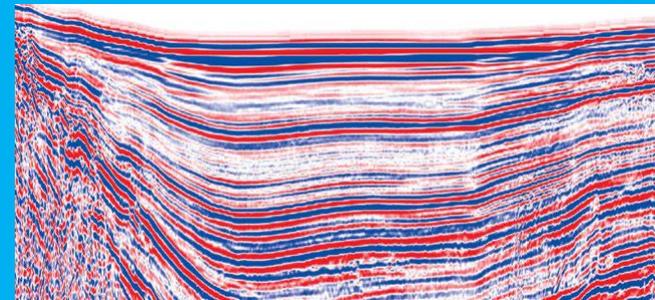
# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### 4.- Formación de Recursos especializados y Empleo

Ingenierías en Ciencias de la Tierra, energía y materiales: Sistema Francés

- 1.- Geólogo / Geofísico minero / Ingeniero de Explotación de recursos naturales;
- 2.- Ingeniero hidrogeólogo;
- 3.- Geólogo / Geofísico en riesgos naturales;
- 4.- Experto consejero en gestión de riesgos naturales;
- 5.- Ingeniero en geotermia;
- 6.- Ingeniero geofísico / ingeniero civil;
- 7.- Ingeniero en sitios y suelos contaminados;
- 8.- Ingeniero sismólogo / vulcanólogo;
- 9.- Ingeniero espacial / investigador;
- 10.- Ingeniero responsable de sitios de deshechos;
- 11.- Ingeniero responsable de estación de depuración;
- 12.- Geólogo /Geofísico / Hidrocarburos, gas, carbón;
- 13.- Gestor energético / Ingeniero en eficiencia energética;
- 14.- Ingeniero de investigación en bioquímica, geoquímica;
- 15.- Físico de observatorios / Físico adjunto / técnicos superiores;
- 17.- Encargado de misión / efe de proyecto agua y ambiente;
- 18.- Ingeniero en investigación y desarrollo de materiales/petrología y mineralogía.



# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

#### 4.- Formación de Recursos especializados y Empleo

Estructura educativa, científica y tecnológica

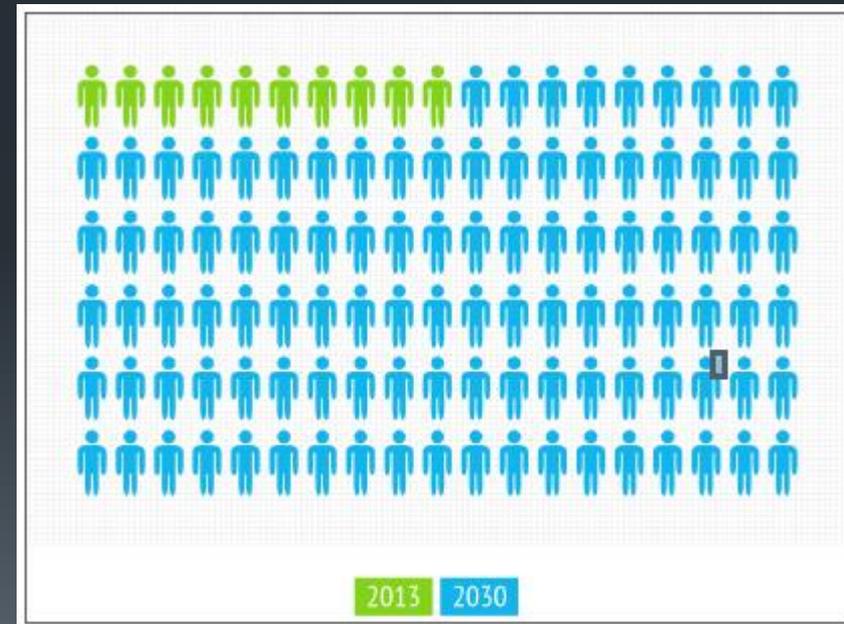
Creación de empleos, categorías, calificaciones y variedades

Plan de acción para el empleo

\*Empleos directos en 2013 en Europa: 2,500 a 3,000.

\*Empleos indirectos en 2013 en Europa, más de 10,000.

\*Con los proyectos nuevos, en 2030, podrá ascender a más de 100,000 empleos.



# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

#### 5.- Normatividad y Contexto social, económico y político, impacto ambiental

Aceptación social

Impactos ambientales

\*Crear el marco científico y tecnológico de la estructura geotérmica, a partir del sector público como gestor del desarrollo nacional;

\*Crear la estructura pedagógica en materia de geotermia en vinculación con las universidades y centros de investigación: geociencias, ciencias de los materiales, ingeniería mecánica, informática, ciencias económicas, jurídicas, etc.

# Energía geotérmica en el mundo: Energía limpia



**Geotermia, energía limpia para un mundo contingente;  
Posee un calorífico y luminoso futuro en el corto plazo**

# Energía geotérmica, transición energética mundial

## Algunas reflexiones finales:

1.- Frente al ingente consumo actual de la energía procedente de combustibles fósiles, y las contingencias mundiales debidas al impacto ambiental, es necesario un cambio de vectores energéticos.

2.- El desarrollo de fuentes alternativas de energía limpias es urgente en el contexto mundial.

3.- El Uso de energías limpias, por el carácter de su importancia para las sociedades mundiales, parece corresponder a una Gestión de Estado, o de política pública.

4.- La creación de un sistema o industria nacional para el aprovechamiento de la energía geotérmica, requiere la conformación de una eficiente y eficaz Cadena de Valor para esta industria.

5.- La Cadena de Valor debe constituirse por una estructura conformada por diferentes fases de especialidades de conocimiento científico y tecnológico, es decir, por una gama de especialidades de la ingeniería, como las ciencias de la Tierra, las ciencias energéticas y otras ramas del proceso productivo.

# Energía geotérmica, transición energética mundial

## Algunas reflexiones finales:

6.- El soporte de una tal Cadena de Valor para la Industria Geotérmica, necesita un eficiente sistema educativo y de formación científica y tecnológica.

7.- El sistema universitario nacional debe formar todas las ingenierías y capacidades requeridas y cuya integración, debe conllevar una gestión de política pública, así como la participación de las empresas y la sociedad en general.

8.- Dado que los recursos naturales de un país constituyen sus bienes estratégicos y prioritarios para lograr sus objetivos nacionales, particularmente los energéticos, corresponde a las políticas públicas conformar un plan energético nacional. Los recursos energéticos son elementos de la seguridad nacional.

9.- Las ingentes necesidades energéticas de las economías en el mundo, frente a la grave problemática ambiental actual, necesita, urgentemente, un cambio radical en los vectores energéticos.

10.- Centro América, y nuestra América, en general, necesitan, con urgencia, marcar sus propios rumbos de desarrollo económico, y sobre todo político y social.



“Los recursos energéticos propios son estratégicos para el desarrollo de los países”.

“Los conflictos actuales, y sobre todo hacia las próximas décadas, serán por los energéticos, el agua, los recursos... Prevenirlos y solucionarlos, es ahora el reto de todos”

“Un mundo mejor, todavía, es posible”.

¡MI SINCERO AGRADECIMIENTO POR SU AMABLE ATENCIÓN!

# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

#### 2.- Potencial Geotérmico

##### Evaluación de los recursos

Perspectivas del potencial europeo hacia 2020, 2030 y 2050

\*Inventario del potencial geotérmicos: Carta del potencial para 2020, 2030 y 2050;



Potencial técnico realista en MW

Potencial técnico teórico (MW)  
Tasa última de recuperación TR = 12.5%

Potencia teórica (PJ/Km<sup>2</sup>)  
Energía teóricamente disponible

# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

#### 5.- Normatividad y Contexto social, económico y político, impacto ambiental

**Aceptación social**

**Impactos ambientales**

**\*\*Crear cursos específicos de geotermia en las universidades en paralelo con formación en diferentes ingenierías, ciencias de la Tierra, ingeniería mecánica y de la energía, geoquímica, administración, finanzas, etc. En Francia, por ejemplo, se imparten 17 ingenierías relacionadas a Ciencias de la Tierra y Energía.**

**\*\*Crear vinculación con la industria en áreas tecnológicas diversas. Promover la movilidad y capacitación laboral en el marco de normatividad moderna.**

**\*\*Establecer políticas públicas de cooperación internacional con universidades y centros de investigación internacionales.**

# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

#### 2.- Potencial Geotérmico

##### Evaluación de los recursos

##### Perspectivas del potencial europeo hacia 2020, 2030 y 2050

\*La Producción de electricidad geotérmica en Europa, en 2013 fue de 6 TWh;

\*En los Planes Nacionales de Acción para la Energías Renovables (NREAP), se prevé una producción de cerca de 11 TWh en 2020;

\*El Potencial de Electricidad geotérmica europea total en 2030 se prevé alcanzará 174 TWh;

\*El potencial económico sobrepasará 4,000 TWh en 2050.

# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

#### 2.- Potencial Geotérmico

Evaluación de los recursos

**Perspectivas del potencial europeo hacia 2020, 2030 y 2050**

\*El Potencial económico de la energía geotérmica será, en 2020: \*21.2 TWh para la Unión Europea-28; y \*70.8 TWh para el potencial total de Europa;

\*El Potencial económico de la energía geotérmica en 2030 será de: 34 TWh para la UE-28; 174 TWh para el potencial total de Europa;

\*El potencial económico de la energía geotérmica en 2050, será de : 2,570 TWh para la UE-28; En promedio de 4,000 TWh para el potencial total de Europa.

# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

### 3.- Aspectos Financieros y Económicos

Ventajas y oportunidades

Financiamiento de proyectos

Costos de proyectos, Costos de perforación

Seguridad y riesgos

Acceso a las redes de distribución eléctrica nacional

Procesos de otorgamiento de licencias

Retos e impactos ambientales

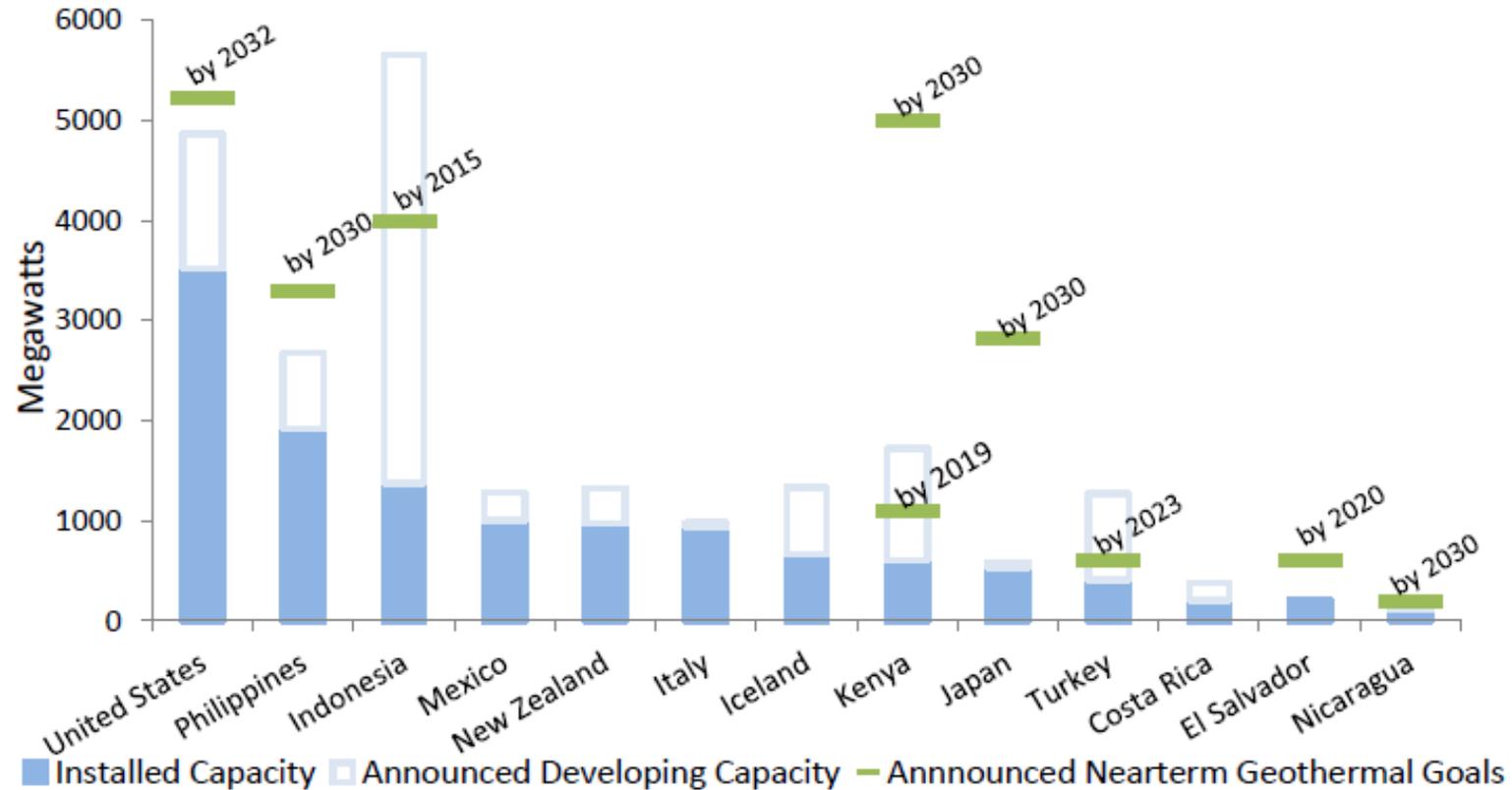
\*Elementos para el financiamiento de explotación geotérmica, desde la fase inicial: \*Inversión de capitales y el régimen de aseguramiento para cubrir los riesgos en la exploración geológica;

\*Un Proyecto de explotación geotérmica posee diferentes fases: Arranque de la exploración, Desarrollo de los recursos, Construcción y Explotación.

# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Las plantas geotérmicas; Actualidad y Perspectivas



Note: "Nearerterm Goals" includes government and private sector development goals. Mexico has set a general renewable energy goal of 35% of generation from renewables by 2024; however, this goal is not geothermal specific. The U.S. goal is Imperial Irrigational District's objective of building out geothermal capacity at the Salton Sea Resource Area by 2032.

Perspectivas de desarrollo y capacidad en el ámbito internacional.

# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

#### 1.- Evolución del mercado (Necesidades Energéticas)

Centrales geotermo-eléctricas

Potencia instalada

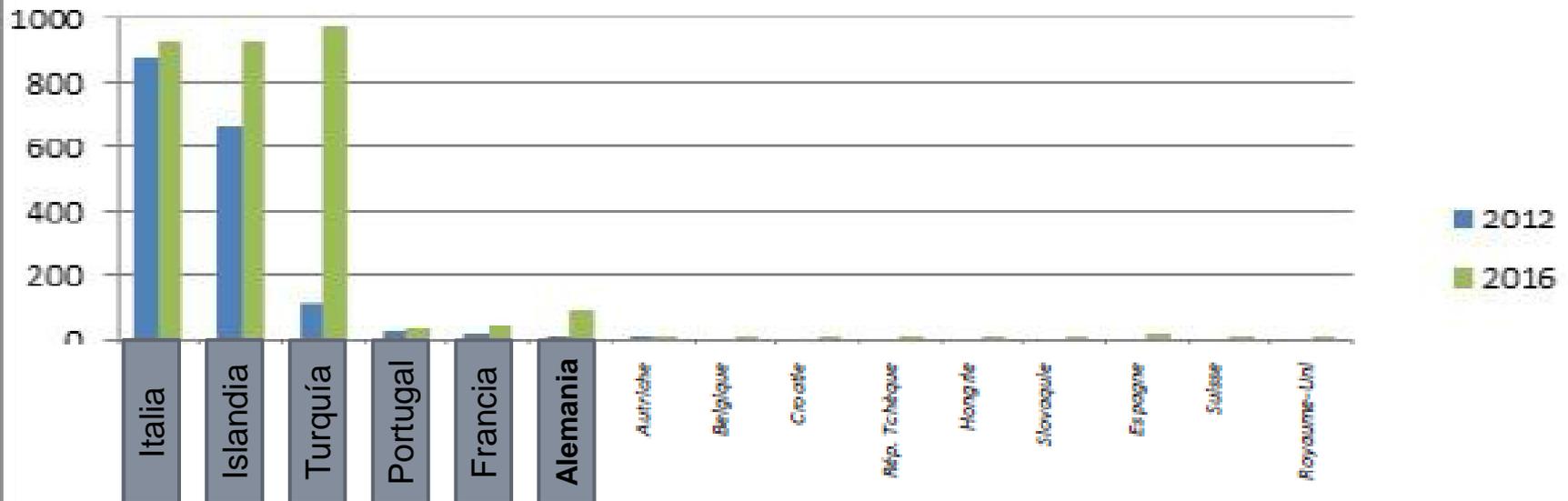
**Mercados nacionales o internacionales**

Factor de carga

Tecnología de las centrales geotérmicas

\*La electricidad geotérmica es utilizada en diversos países , no sólo en los de tradición geotérmica como Italia e Islandia.

Potencia instalada en Europa: repartición por países en MWe.



# Estructura Geotérmica – Electricidad

## Contextos y Perspectivas de Desarrollo

### Factores estructurales de ingeniería e investigación en Geotermia

#### 1.- Evolución del mercado (Necesidades Energéticas)

Centrales geotermo-eléctricas

Potencia instalada

Mercados nacionales

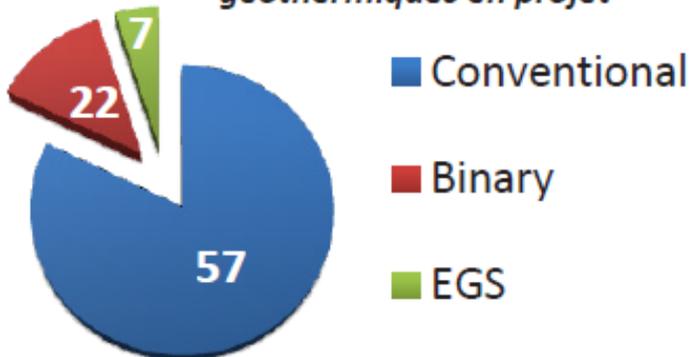
Factor de carga

Tecnología de las centrales geotérmicas



Larderello, Italia

Nombre de centrales eléctricas  
géothermiques en projet



**A CORTO PLAZO**

Conventionnelle = 73 %  
Cycle binaire = 20 %  
EGS = 7 %