

HIDROELÉCTRICO, ENERGÍAS DEL MAR Y GEOTERMIA



M^a CARMEN LÓPEZ OCÓN
Jefe Dpto. Hidroeléctrico, Energías del Mar y Geotermia IDAE

HIDROELÉCTRICA

ASPECTOS GENERALES

La energía hidroeléctrica es aquella que se obtiene de aprovechar la energía potencial de una masa de agua para convertirla primero en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica.



**C.H. Molino de Suso
(T.M. Labastida – Alava)**

POTENCIAL:

- España cuenta con importante y consolidado sistema de generación hidroeléctrico, debido al elevado potencial existente, fruto de más de un siglo de desarrollo.
- Aunque gran parte del potencial hidroeléctrico ya ha sido desarrollado, existe todavía potencial pendiente de desarrollar, principalmente en infraestructuras existentes y en el campo de la rehabilitación.

SITUACIÓN DEL SECTOR HIDROELÉCTRICO

Potencia

- Acumulada 2013: **19.650 MW**
- Incremento (2013/12): **1.100 MW**

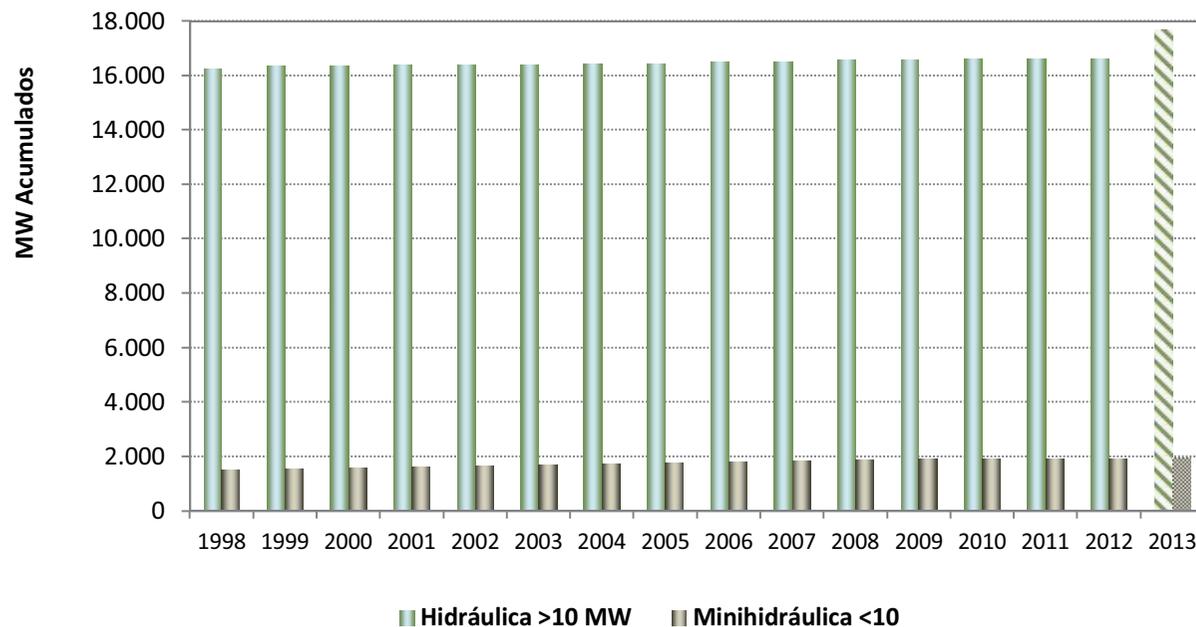
Ratio Producción/Capacidad

3.416 h/año (2013) < 50 MW

Cobertura

- Demanda eléctrica: **12,9 % (2013)**
- Energía primaria: **2,6 % (2013)**

Evolución de la capacidad instalada



Potencia en CCHH < 10 MW

Potencia (2012) = 1.942 MW
Potencia (2013) = 1.948 MW

Potencia en CCHH > 10 MW

Potencia (2012) = 16.608 MW
Potencia (2013) = 17.702 MW

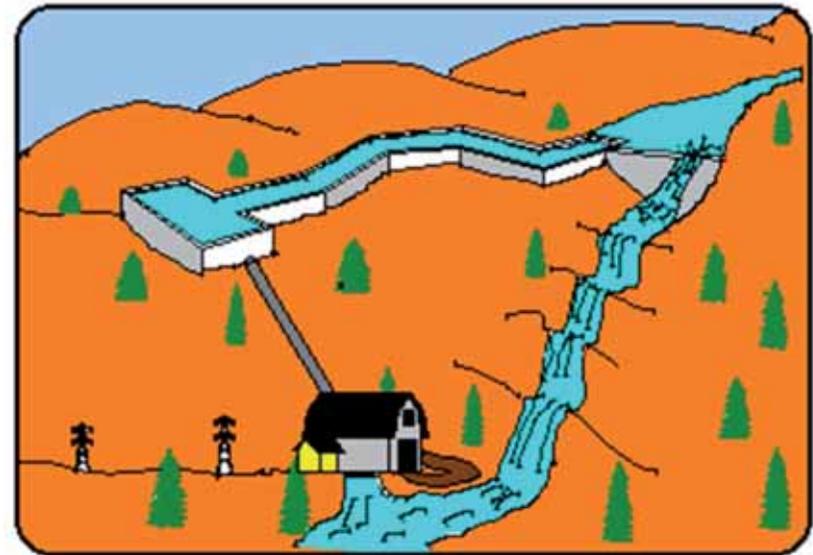
TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES

1.- APROVECHAMIENTOS DE AGUA FLUYENTE

Aprovechamientos que, mediante una obra de toma, realizada en un azud o presa, captan una parte del caudal circulante por el río y lo conducen hacia la central para ser turbinado y posteriormente restituído al río.

Características:

- Salto constante.
- Caudal variable (función de la hidrología).



CENTRAL HIDROELÉCTRICA SALTO DEL OLVIDO (Valsain – Segovia)

En 1991 IDAE y el ICONA (actualmente O.A. Parques Nacionales) firmaron un convenio de cooperación de “Financiación Por Terceros”, por el que IDAE se hizo cargo de la gestión y financiación del proyecto de rehabilitación (50% ambos organismos) de la central Salto del Olvido, que se encontraba abandonada. La primera concesión del aprovechamiento del Salto del Olvido databa de 1927 y en 1986, la titularidad pasa al ICONA. La central se puso en marcha en el año 1993.

La central está situada en el río Eresma y capta aguas de éste y del arroyo Bercial, con una potencia de 1250 kW y una producción estimada 3.000 MWh/año.

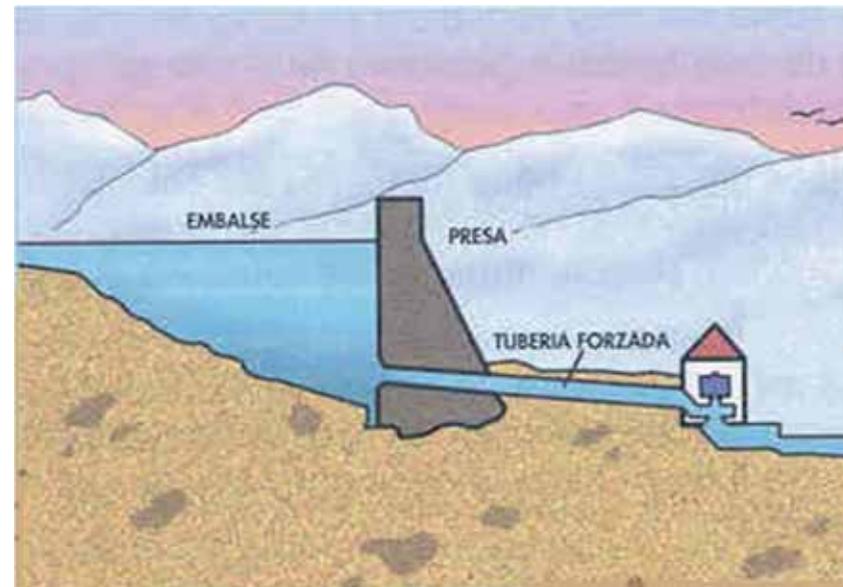


2.- APROVECHAMIENTOS A PIE DE PRESA

Aprovechamientos que, mediante la construcción de una presa o utilización de una existente con posibilidades de almacenar las aportaciones del río, puedan regular los caudales a turbinar en el momento preciso.

Características:

- Salto variable (función de las aportaciones y régimen de explotación de la presa).
- Caudales fijados (según uso de la presa: riego, ecológico abastecimiento y excedentes).



CENTRAL HIDROELÉCTRICA HUESNA (T.M. Constantina – Sevilla)

En 1996 IDAE y la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir firmaron un acuerdo de “Financiación Por Terceros”, por el que IDAE se hizo cargo de la gestión y financiación del proyecto de la nueva central hidroeléctrica a pie de presa del Embalse de Huesna. La central se puso en marcha en 1999.



3.- CENTRALES INTEGRADAS EN REDES DE AGUA

Existe la posibilidad de insertar una central en una red de agua como: redes de distribución de agua potable, canales de riego y de navegación, tuberías en presión, estaciones de tratamiento de aguas residuales, etc.

Ventajas:

- Bajo ratio de inversión (gran parte de las estructuras ya existen).
- Impacto ambiental suplementario por la central es prácticamente nulo.
- Simplificación de la tramitación administrativa.

Características:

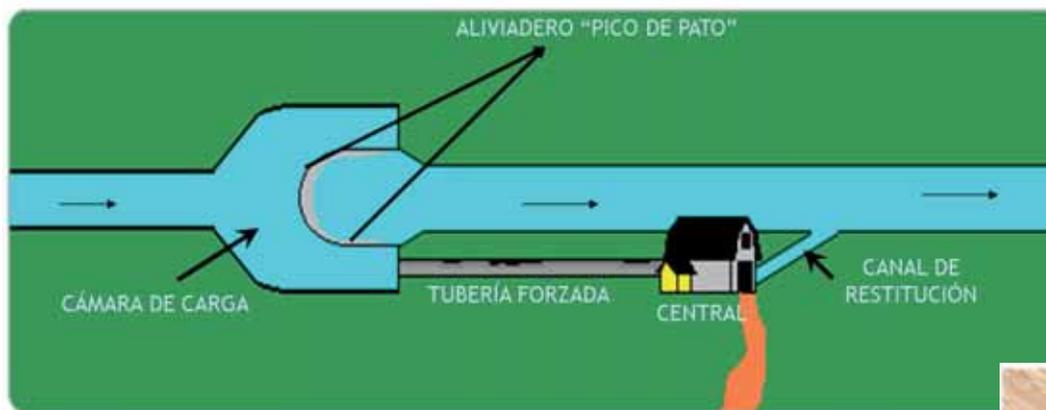
- Caudal constante y salto constante.



C.H. Sifón del Segura (T.M. Orihuela – Alicante)

3.1. CENTRALES EN CANALES DE RIEGO

Aprovechan el desnivel existente en el propio canal (rápida): se realiza la toma de agua mediante un aliviadero en pico de pato y desde esa toma el agua es conducida a la turbina por una tubería forzada paralela al canal, al que regresa por el canal de restitución.



C.H. Berbegal (Huesca) – Aliviadero pico de pato

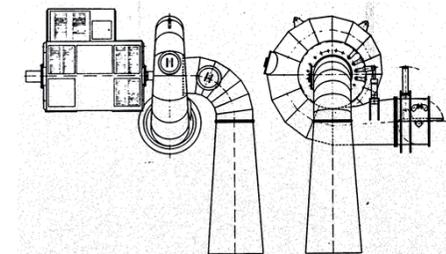
3.2.- CENTRALES EN SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE AGUA POTABLE O EN TUBERÍAS EN PRESIÓN

A lo largo del trazado de conducciones en presión suelen existir, cuando se requiere reducir la presión, sistemas de válvulas para disipar la energía hidrostática, que en muchos casos es importante.

Existe la posibilidad de disipar esa energía mediante una turbina que la emplea en generar energía eléctrica. En caso de parada de la turbina, es necesario prever un circuito paralelo con válvulas disipadoras.

Opciones:

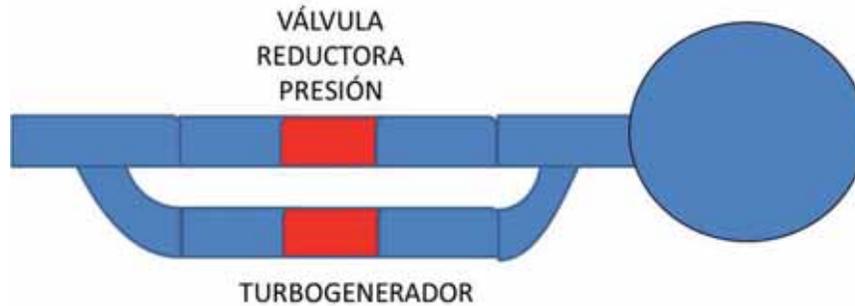
- Instalar una central hidroeléctrica con turbina convencional (Francis, Kaplan, Pelton, etc...).



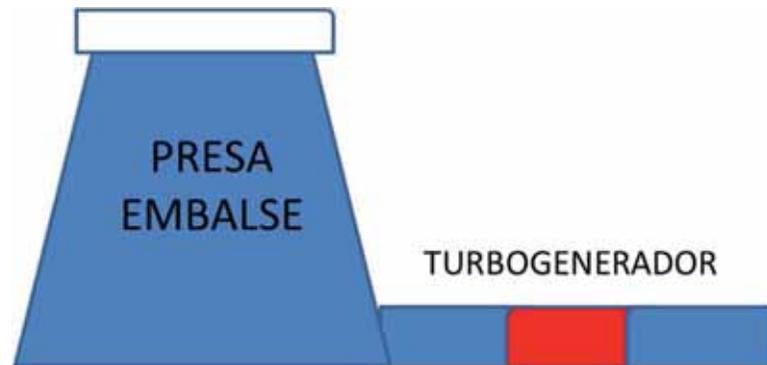
- Instalar, para pequeñas potencias (entre 5-350 kW) un grupo turbogenerador compacto, totalmente inundable, introducido en una tubería, instalado en un sistema by-pass de las válvulas, que además permiten trabajar en contrapresión.

Aplicaciones de grupos turbogeneradores compactos:

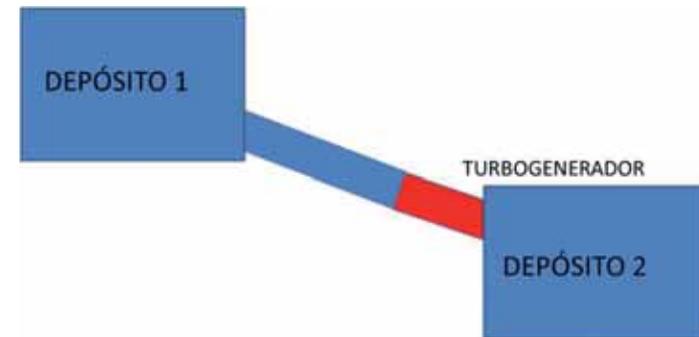
1. En paralelo con válvulas reductoras de presión de las redes de regadío y de abastecimiento.



- 2.- Aprovechamiento hidroeléctrico de los caudales ecológicos de presas.



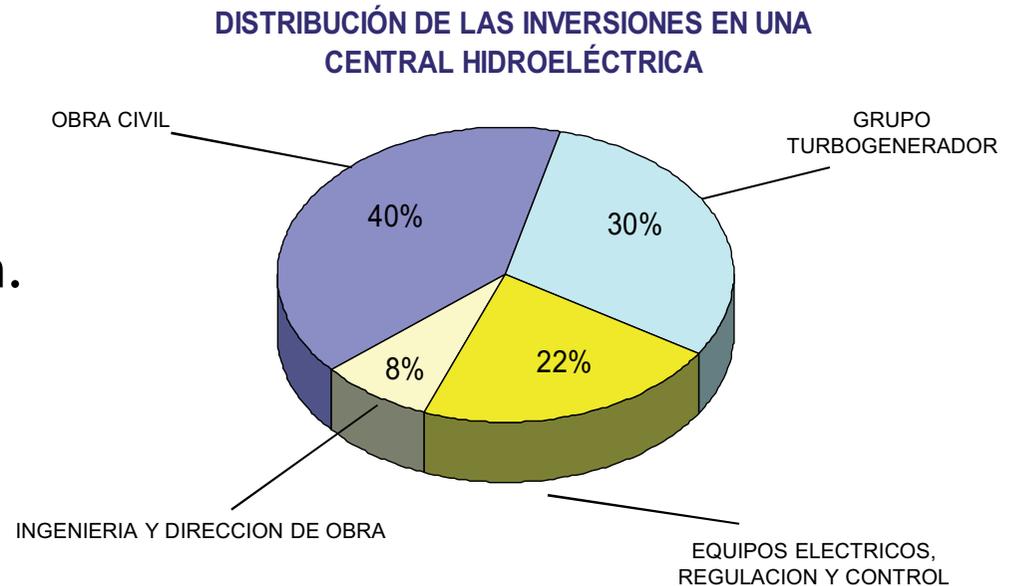
3. En entradas de depósitos de agua



ASPECTOS ECONÓMICOS

➤ FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS COSTES DE INVERSIÓN:

- ✓ Orografía del terreno.
- ✓ Situación de la instalación
 - ↑ Pie de presa / canal
 - ↑ Fluyente.
- ✓ Porcentaje del terreno público y privado.
- ✓ Accesos.
- ✓ Caudales y salto.
- ✓ Punto de interconexión.
- ✓ Tensión línea de evacuación.
- ✓ Cánones de explotación



CONCLUSIONES

- Tecnología madura de alta eficiencia --- energía de gran calidad.
- Existe todavía potencial pendiente de desarrollar, principalmente en infraestructuras existentes.
- Sector industrial de gran experiencia y fabricación 100% nacional.

- **PERSPECTIVAS FUTURAS DEL SECTOR:**
 - Desarrollo centrales en infraestructuras existentes (presas, canales o redes de abastecimiento) para autoconsumo o para venta de energía al mercado eléctrico.
 - Rehabilitación y/o repotenciación de centrales existentes.

GEOTERMIA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO



IDAE
Instituto para el Desarrollo
Agrario y Rural

ASPECTOS GENERALES

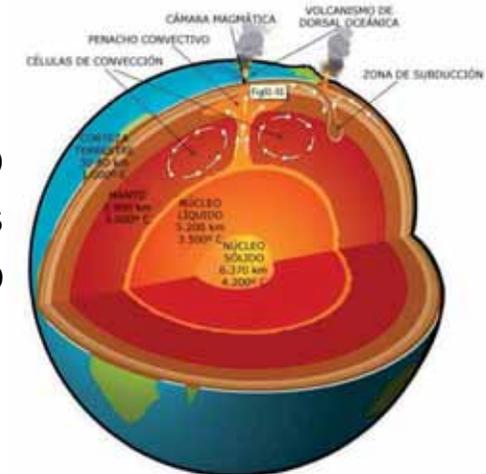
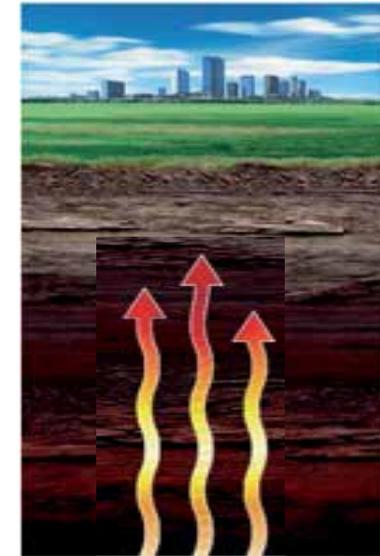
La **energía geotérmica** se define como la energía almacenada en forma de calor bajo la superficie del terreno.

La energía geotérmica engloba el calor almacenado en rocas, suelos y aguas subterráneas, cualquiera que sea su temperatura, profundidad y procedencia, pero no el contenido en masas de agua superficiales, continentales o marinas.

El **recurso geotérmico** es la fracción de la energía geotérmica que puede ser aprovechada de forma técnica y económicamente viable.

Un **yacimiento geotérmico** se define como el espacio físico en el interior de la corteza terrestre con unas determinadas condiciones geológicas, en el que se sitúa un recurso geotérmico cuya explotación es económicamente viable.

Objetivo de la Geotermia: Aprovechamiento de la energía calorífica del interior de la tierra





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO



La **Energía geotérmica**, es la gran desconocida entre el grupo de las Energías Renovables, por lo que muchas veces es ignorada, aunque ya existía y se conocía desde la antigüedad.



A nivel del planeta, la Energía geotérmica es el **recurso energético más importante que existe**. La explotación de estos recursos debe ser aprovechado por el hombre en condiciones técnicas y económicas adecuadas.

VENTAJAS Y BENEFICIOS DE LA GEOTERMIA

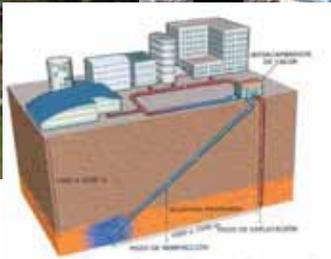
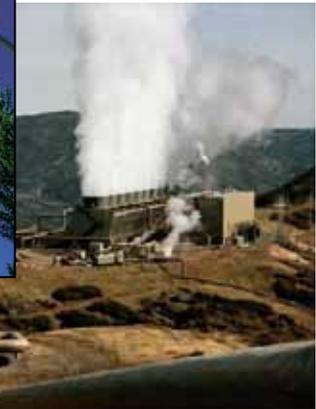
- **Energía renovable**: constituye una fuente prácticamente inagotable de recursos.
- **Energía limpia**: mínimos impactos medioambientales y escasa emisión de gases de efecto invernadero.
- **Energía autóctona**, lo que permite reducir el grado de dependencia energética exterior y el consumo de otras fuentes de energía fósiles.
- **Energía constante**: no depende de variaciones estacionales como lluvias, viento o sol.
- **Energía eficiente**: importantes ahorros energéticos en sus aplicaciones térmicas de calefacción y refrigeración, además de contribuir a la disminución de las puntas de demanda energética.



APLICACIONES DE LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS

1. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

2. APLICACIONES TÉRMICAS

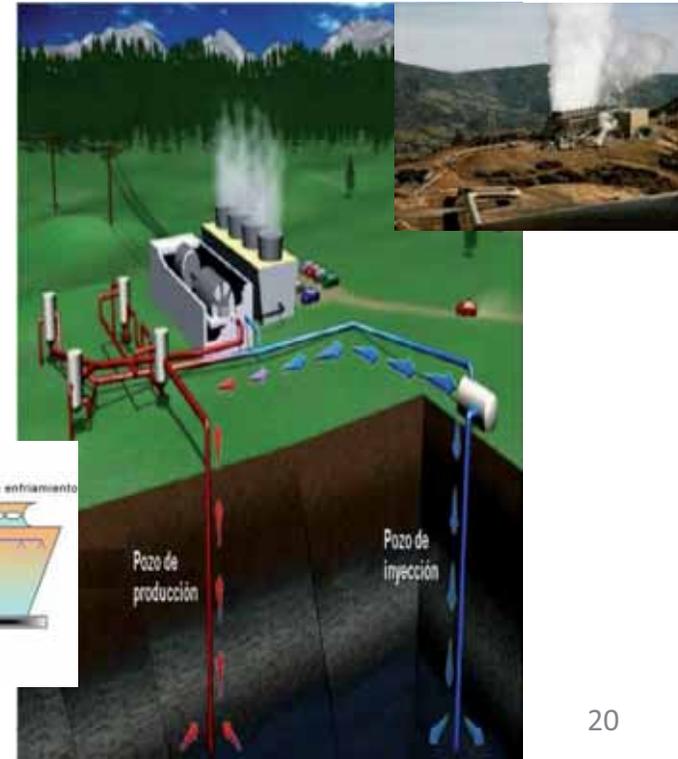
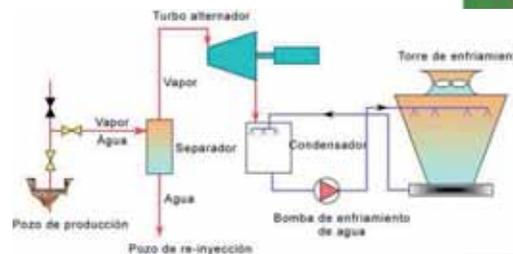


1. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

Los yacimientos geotérmicos de alta temperatura, son yacimientos sometidos a gran presión y con T^a superiores a 150°C , en los que se utiliza el vapor de agua generado naturalmente para alimentar la turbina y generar electricidad mediante un ciclo similar al utilizado en las centrales termoeléctricas convencionales (Plantas de vapor seco).

Los yacimientos geotérmicos de media temperatura, son yacimientos sometidos a menores presiones y con T^a entre 100 y 150°C . También se utilizan para la producción de electricidad mediante plantas :

- Plantas flash
- Plantas ciclo binario



2. APLICACIONES TÉRMICAS

Los yacimientos geotérmicos en los que el agua se encuentra **por debajo de los 100°C** se destinan exclusivamente a usos térmicos.

Los recursos geotérmicos de baja y muy baja temperatura son muy elevados en comparación con los de alta y media temperatura:

- Los yacimientos de baja temperatura (25-100°C) se suelen localizar en cuencas sedimentarias, en las que existe a una profundidad entre 1500 y 2500 m materiales permeables, capaces de contener y dejar circular fluidos que extraigan el calor de las rocas. **⇒ APLICACIONES DIRECTAS DEL CALOR.**
- Los yacimientos de muy baja temperatura (<25°C) se extienden prácticamente a la totalidad de la corteza terrestre, pudiéndose captar y aprovechar el calor almacenado en las capas superficiales del suelo para **APLICACIONES TÉRMICAS CON BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS.**

2.1. APLICACIONES TÉRMICAS -Uso directo del calor

La utilización directa del calor es una de las aplicaciones más antiguas y comunes de la energía geotérmica:

➤ Procesos Industriales: procesos de calefacción, evaporación, secado, esterilización, extracción de sales, industria del papel, reciclado, celulosa, textil, alimentaria, química.



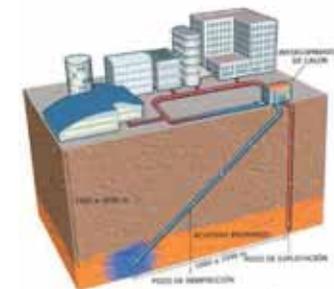
➤ Invernaderos: aplicaciones agrícolas de fluidos geotérmicos para calefacción a campo abierto e invernaderos.



➤ Acuicultura: aplicaciones agrícolas de fluidos geotermales para calefacción a campo abierto e invernaderos.



➤ Calefacción de Distrito "District Heating": se aprovecha de forma directa el recurso geotérmico para diseñar un sistema de calefacción centralizado, que satisface la demanda de calor/frío de un conjunto de usuarios, en una zona extensa (barrio, distrito). Las redes de calor funcionan desde hace más de 20 años en Europa, con sus principales desarrollos en Islandia, Francia y Alemania.



2.2. APLICACIONES TÉRMICAS – Bombas de calor geotérmicas

En la actualidad, España está experimentando un creciente auge por el desarrollo y aplicación de tecnologías sostenibles de alta eficiencia energética, como alternativas a los sistemas convencionales de calefacción y refrigeración.

En este sentido, las **bombas de calor geotérmicas** representan una tecnología eficiente para climatización con unos destacados ahorros energéticos.

El uso de la bomba de calor permite aprovechar el calor geotérmico del subsuelo, extrayéndolo mediante un sistema de captación adecuado y cediéndolo al circuito de calefacción de viviendas y locales y, de forma inversa, para refrigeración.

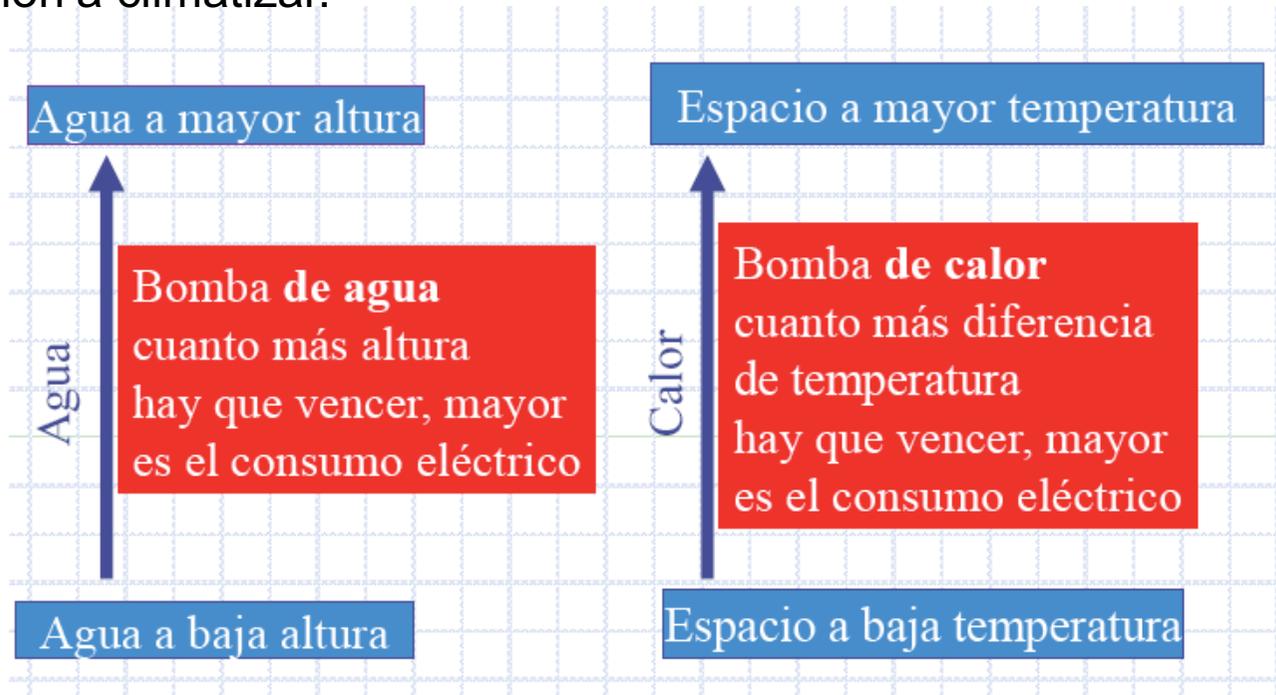
Las aplicaciones de bomba de calor geotérmica representan el 70% frente al resto de usos térmicos



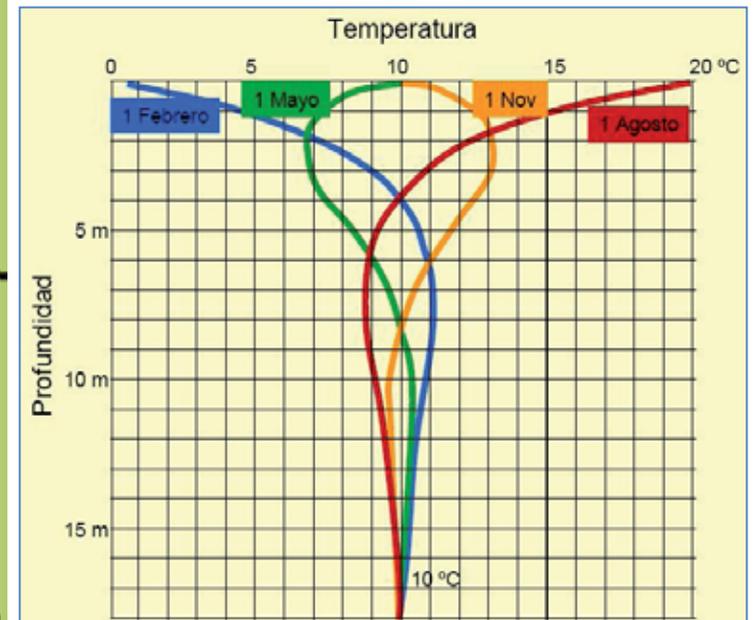
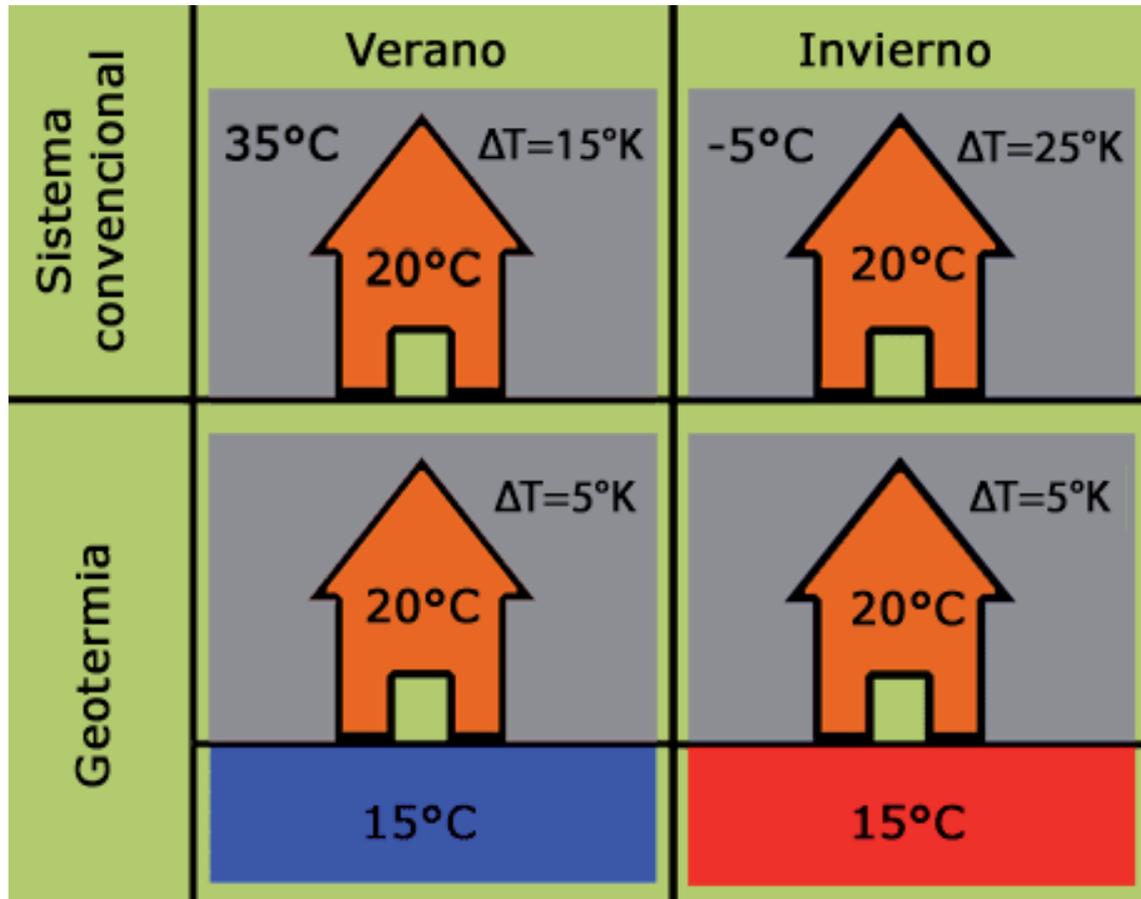
¿Qué es una Bomba de Calor?

Una bomba de calor es un dispositivo eléctrico que permite refrigerar un espacio cuando hace calor en el exterior y calentar espacios cuando hace frío en el exterior.

Una bomba de calor geotérmica lo que hace es extraer calor del subsuelo a una temperatura relativamente baja, aumentándola, mediante el consumo de energía eléctrica, para posibilitar su uso posterior en sistemas de calefacción. En verano, el proceso se invierte, se inyecta en el terreno el calor absorbido en la refrigeración de la instalación a climatizar.



Bomba de calor aerotérmica / Bomba de calor geotérmica

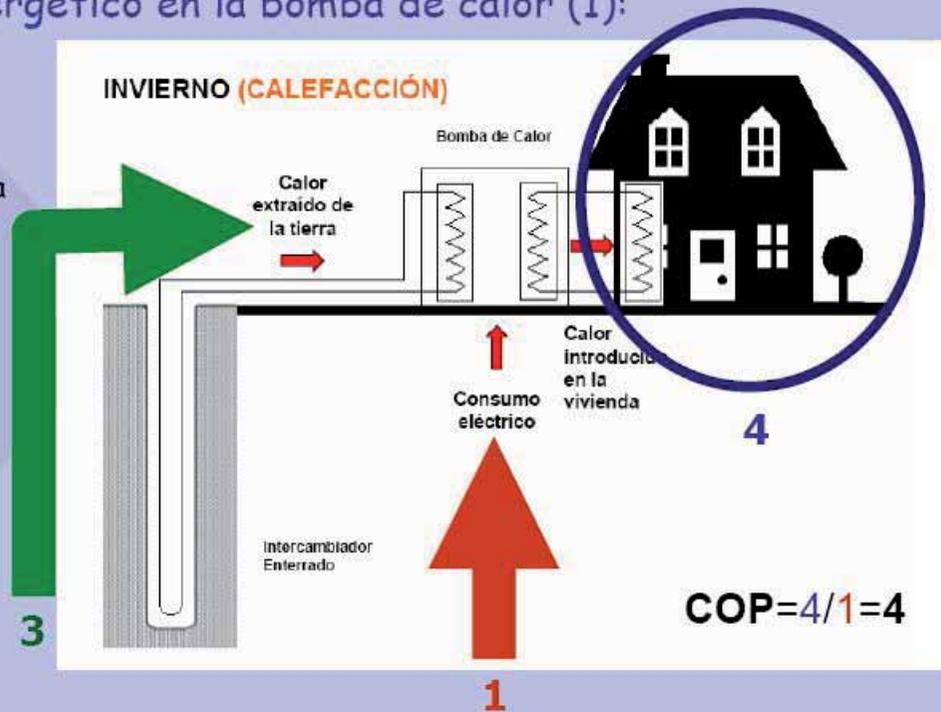


Estos **sistemas geotérmicos** consisten en realizar una serie de perforaciones para intercambiar energía con el suelo, en ellas se introducen tubos o sondas por las que se hace circular un líquido que absorbe o cede calor desde la bomba de intercambio geotérmico. Dentro del edificio, además de la bomba, el sistema de climatización se completa con un acumulador y un inversor de ciclo

Balance energético en la bomba de calor (1):

El COP:

cociente entre la energía térmica cedida por el sistema y la energía de tipo convencional absorbida.



Rendimiento Bomba Calor
(COP – Coefficient of Performance)
(EER – Efficiency Energy Rate)

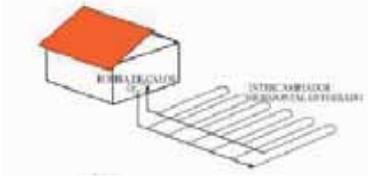
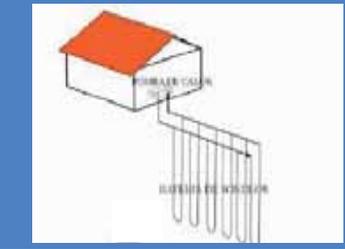
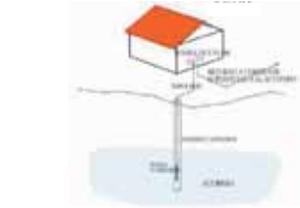
$$\text{COP} = \frac{\text{Potencia Generada (calor aportado)}}{\text{Potencia Consumida}}$$

COP = 4 Potencia Consumida 1kWe
Potencia generada en el sistema 4 kW

Modo calor : COP = 3-5

Modo frío: EER = 2,5-6

4 tecnologías de producción de calor en el mercado de energía geotérmica somera con bomba de calor (~70% del mercado en la UE)

Recurso	Aplicación	Características	% de mercado en la UE	% de mercado en España	Desarrollo esperado en 2010-2020
Geo-térmica somera con bomba de calor	<u>Circuito cerrado con intercambiador cerrado horizontal</u>	 <ul style="list-style-type: none"> El colector de polietileno se instala con una profundidad mínima de ~1 m Necesidad de perforación de 10-35 m/kw 	~10%	~10%	↓
	<u>Circuito cerrado con intercambiador vertical</u>	 <ul style="list-style-type: none"> Profundidad de los sondeos variables (60-200 metros) El rendimiento varía entre 12-20 m/kw en función de las características litológicas e hidrogeológicas del terreno 	~45%	~55-60%	↑
	<u>Circuito abierto</u>	 <ul style="list-style-type: none"> Instalaciones con bajos costes de inversión y elevados rendimientos Captación y posterior restitución del agua al subsuelo 	~40%	~30-35%	→
	<u>Sistemas tierra-aire</u>	<ul style="list-style-type: none"> Pre-tratamiento del aire de renovación del sistema de ventilación de un edificio 	~5%	< 5%	↓



Alto



Medio



Bajo

SECTOR GEOTÉRMICO

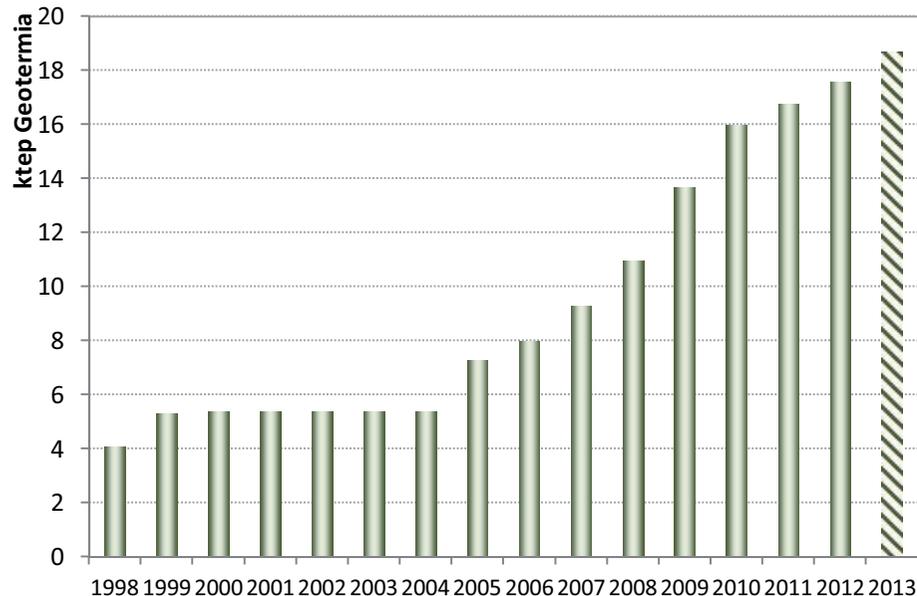
Producción

- Prod. Térmica 2013: 18,7 ktep
- Incremento (2013/12): 2,2 ktep

Cobertura

- Energía final: 0,02 % (2013)
- Energía primaria: 0,02 % (2013)

Evolución de la capacidad instalada Producción térmica con geotermia



Tejido empresarial y avances tecnológicos

- **Geotermia de Baja-Muy Baja Temperatura:** Consolidación del crecimiento del sector.
 - ✓ Programa GEOTCASA: financiación ESEs, 22 empresas habilitadas, 12 proyectos en marcha y 1,86 M€ de inversión.
 - ✓ Proyecto emblemático: Climatización geotérmica del Recinto Modernista del Hospital Sant Pau.
- **Geotermia de Media y Alta Temperatura:** Iniciativas privadas en fase I+D para desarrollo planta demostración.

Retos

- **Geotermia baja T^a :** Introducción en la rehabilitación energética de edificios. Formación y cualificación de instaladores. Hibridación con otras renovables.
- **Geotermia alta T^a :** I+D en conocimiento subsuelo y desarrollo primera planta piloto.

ENERGÍAS DEL MAR

INTRODUCCIÓN

LOS OCÉANOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

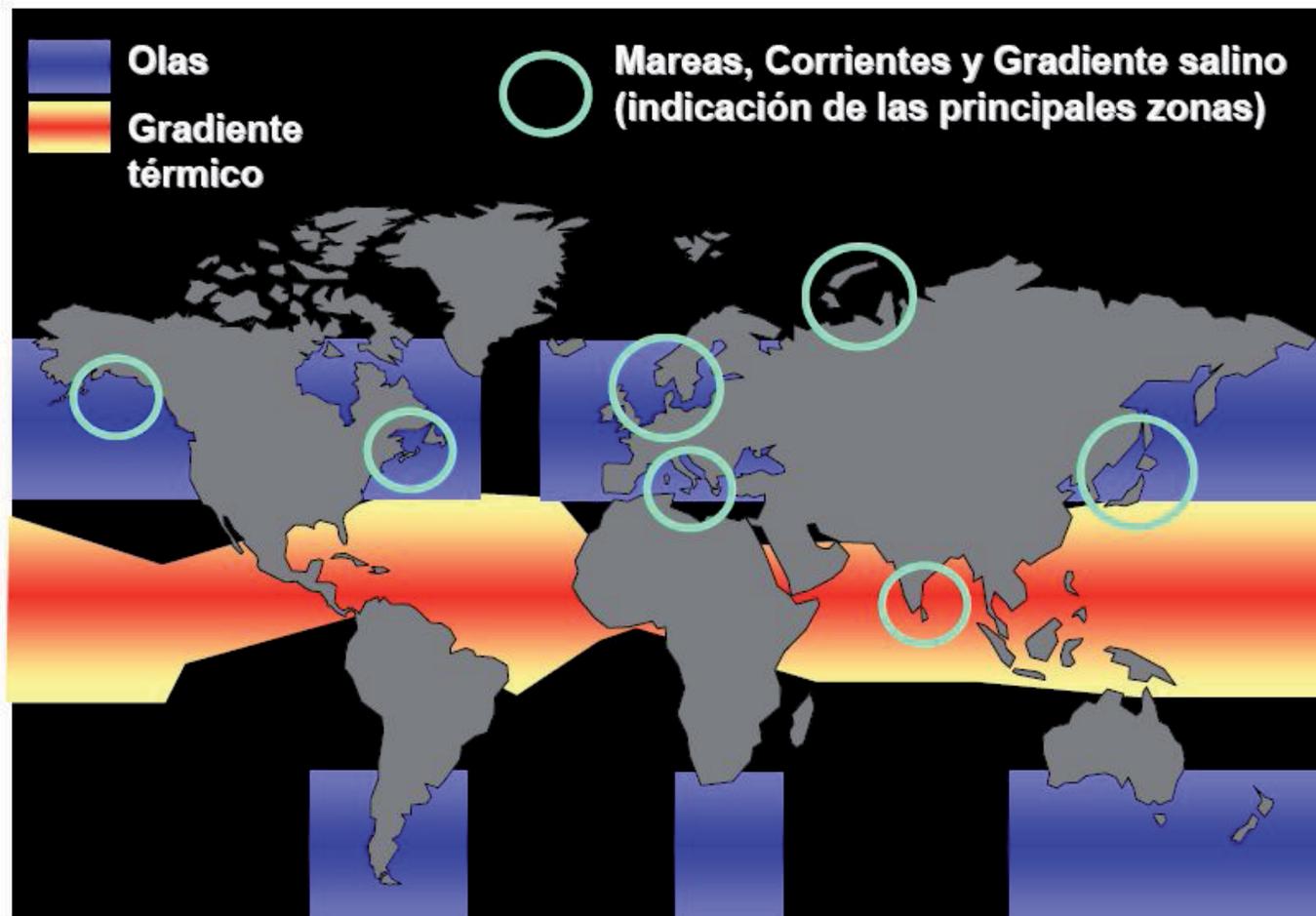
- ❑ Los océanos son un **gran almacén de energía**, constituyendo una fuente prácticamente inagotable que en la actualidad no se aprovecha.
- ❑ Del mar es posible extraer energía de orígenes diversos. En función de cómo está almacenada, se encuentran:
 - Energía de las **olas** o energía undimotriz.
 - Energía de las **corrientes**.
 - Energía mareomotriz (o de las **mareas**).
 - Energía maremotérmica (o de **gradiente térmico**).
 - Energía azul o de **gradiente salino**.

Superficie: 361 millones Km²

Volumen: 1370 millones de Km³

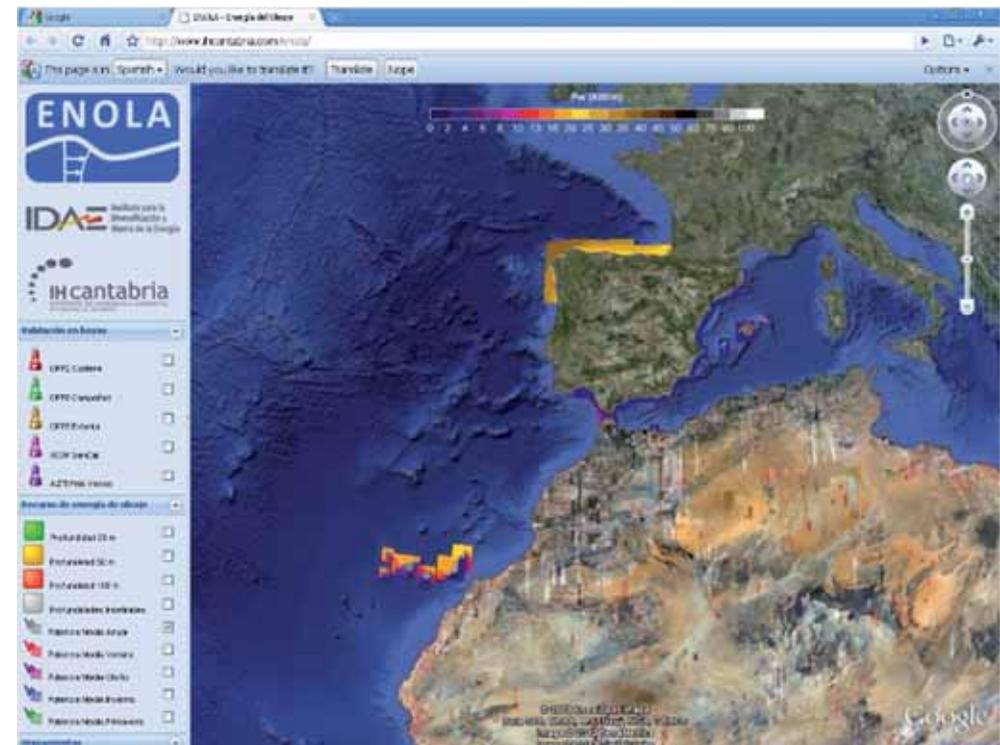
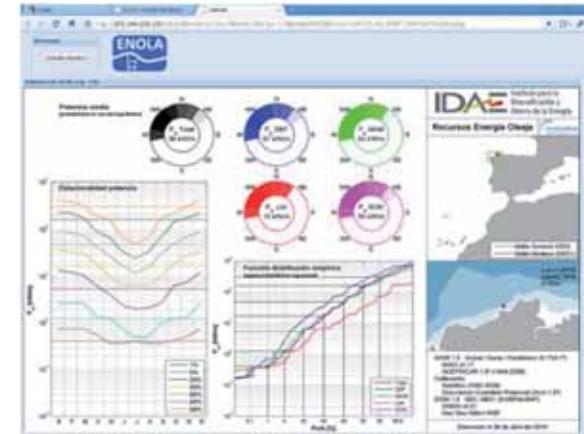


POTENCIAL MUNDIAL

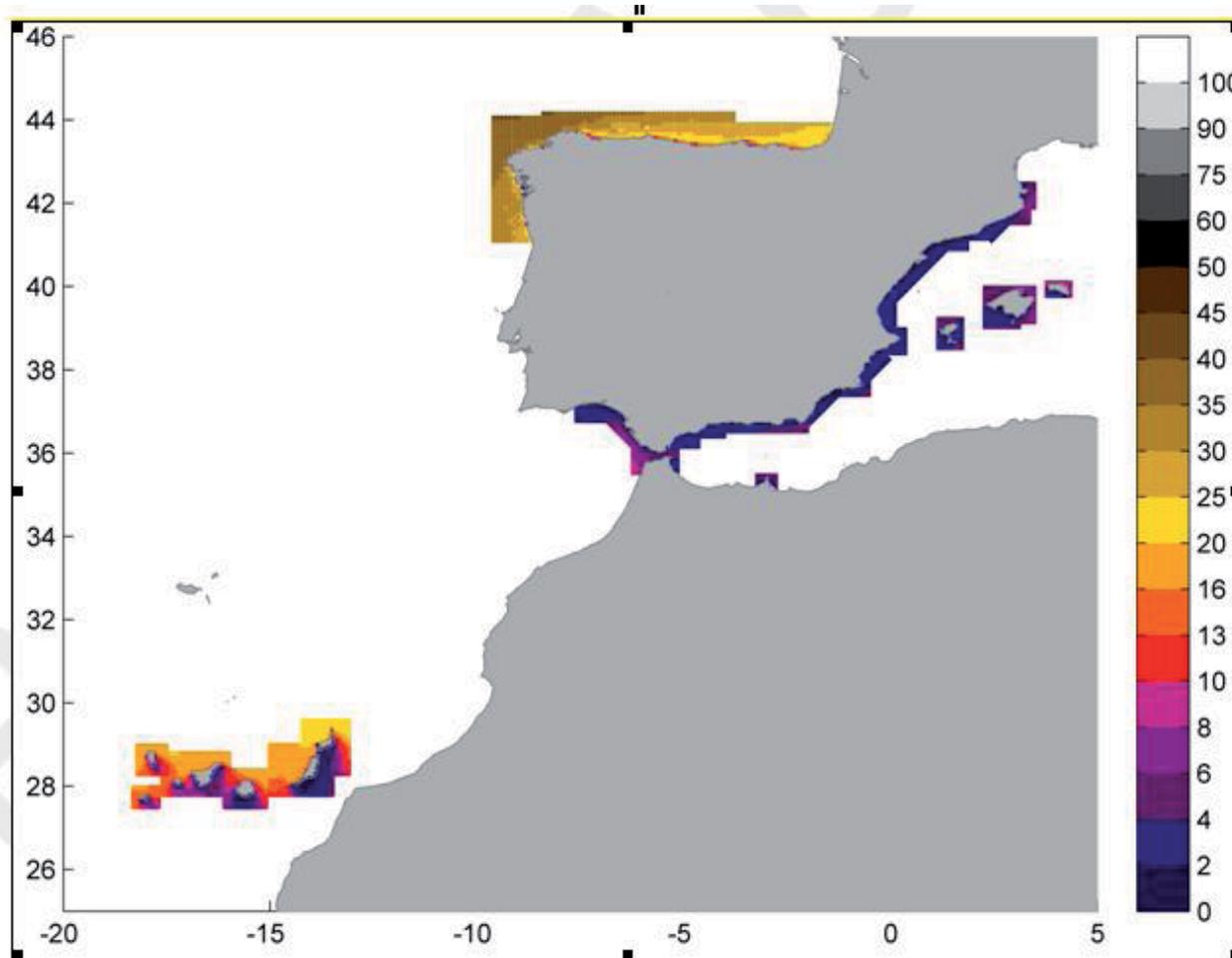


DISTRIBUCIÓN DEL POTENCIAL MUNDIAL DE ENERGÍAS MARINAS

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE ENERGÍA DE LAS OLAS EN ESPAÑA



POTENCIAL EN ESPAÑA: ENERGÍA DE LAS OLAS Y CORRIENTES



- **Galicia**, mayor potencial de energía con valores en profundidades indefinidas entre 40 - 45 kW/m.
- **Mar Cantábrico**, siguiente zona del litoral en cuanto a recurso (30 kW/m disminuyendo de Oeste a Este).
- En tercer lugar, la fachada **norte de Canarias** (20 kW/m).
- Resultados en profundidades indefinidas disminuyen con el calado.
- Fuerte estacionalidad en la potencia media.

POTENCIAL SUPERIOR a 4 GW

DIFERENCIAS DE PRESIÓN	REBOSAMIENTO	CUERPO BOYANTE	TERMINADOR	ABSORBEDOR PUNTUAL
<p>Columna de agua oscilante (OWC): Al subir/bajar el nivel del agua interior de la cámara situada en la base del convertidor, el aire se comprime/descomprime, accionando una turbina unidireccional (Wells).</p>	<p>Con o sin almacenamiento, canaliza el agua en una reserva aprovechando el cambio de altura de la superficie de las olas hacia turbinas hidráulicas por las que se devuelve el agua al mar</p>	<p>Con referencia fija: Movimiento absoluto. Anclado al suelo dispone una boya flotante que al ser traccionado por el movimiento de las olas acciona una bomba hidráulica</p>	<p>Situados perpendicularmente a la dirección del avance de la ola pretenden captar la energía un sola vez</p>	<p>Son estructuras pequeñas en comparación con la ola incidente, normalmente cilíndricas (indep. de la dirección de la ola) que aplican sistemas de bombeo o hidráulicos</p>
<p>Principio de Arquímedes: Son dispositivos anclados al fondo. El movimiento de las olas provoca cambios en el nivel del mar y con ello un diferencial de presión, capaz de activar una bomba hidráulica</p>	<p>IMPACTO</p> <p>El movimiento de las olas hace que sus partículas transitan su energía cinética al hacerlo oscilar, accionando de esta manera una bomba hidráulica</p>	<p>Con referencia móvil: Movimiento relativo. En sistemas de cuerpos múltiples el movimiento relativo entre sus partes acciona una bomba hidráulica situada en las articulaciones. En sistemas inerciales (o giroscópicos) aprovecha dicha inercia para accionarla.</p>	<p>ATENUADOR</p> <p>Se colocan paralelos a la dirección de avance de las olas. Son estructuras largas que van extrayendo energía de forma progresiva</p>	<p>ONSHORE</p> <p>NEAR-SHORE (10-50m)</p> <p>OFFSHORE (50-90m)</p>

Wave Dragon	Pelamis	Archimedes Wave Swing	OPT Powerbuoy
13,5 millones (unidad en proyecto)	12 millones	265 millones	-
11 MW	750 Kw	250 Kw	40 Kw
Nissum Bredning, Dinamarca	Agucadoura, Portugal	Orkney, Escocia	Hawaii, EE UU New Jersey, EE UU Santoña, España (proyectos)



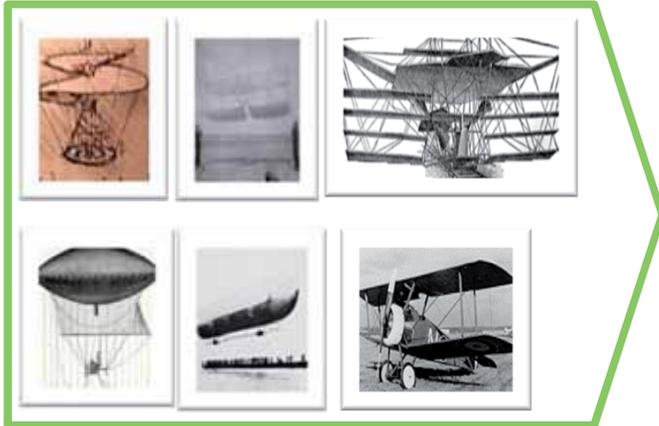
Existen más de 1.000 patentes de aprovechamiento undimotriz. La **Divergencia Tecnológica** propia del nacimiento de una tecnología debe vencerse mediante **incentivos** y **grandes esfuerzos de investigación**.



La **Infraestructura de evacuación** es un entramado complejo de matrices de captadores, boyas de balizamiento, cables submarinos y sistemas auxiliares.

BARRERAS Y RETOS DE LAS ENERGÍAS MARINAS

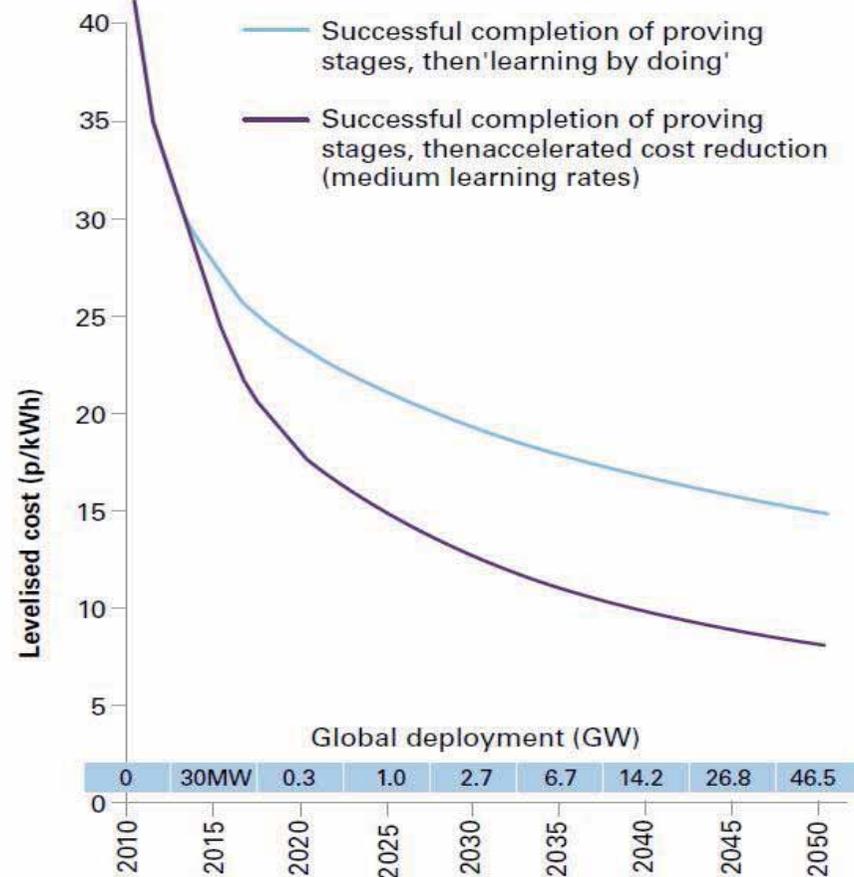
✓ Divergencia tecnológica



???

❖ BARRERAS Y RETOS DE LAS ENERGÍAS MARINAS:

✓ Elevado coste de la energía



Posible evolución de la reducción de costes de la energía de las olas bajo un escenario 'business as usual' y de innovación

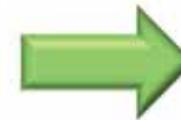
Fuente: Carbon Trust, 2011

–Una vez que los sistemas entren en la fase de consolidación de la tecnología, la principal palanca para disminuir los costes será la reducción de los costes de inversión y, en menor medida, la reducción de los costes de operación de las plantas.

–En cualquier caso, el alcance de esa madurez tecnológica dependerá de la curva de aprendizaje que acelerará más o menos el proceso, así como la apuesta de promotores y el apoyo de la Administración.

❖ BARRERAS Y RETOS DE LAS ENERGÍAS MARINAS:

✓ Resistencia al medio marino



NECESIDAD
DE
ENSAYOS

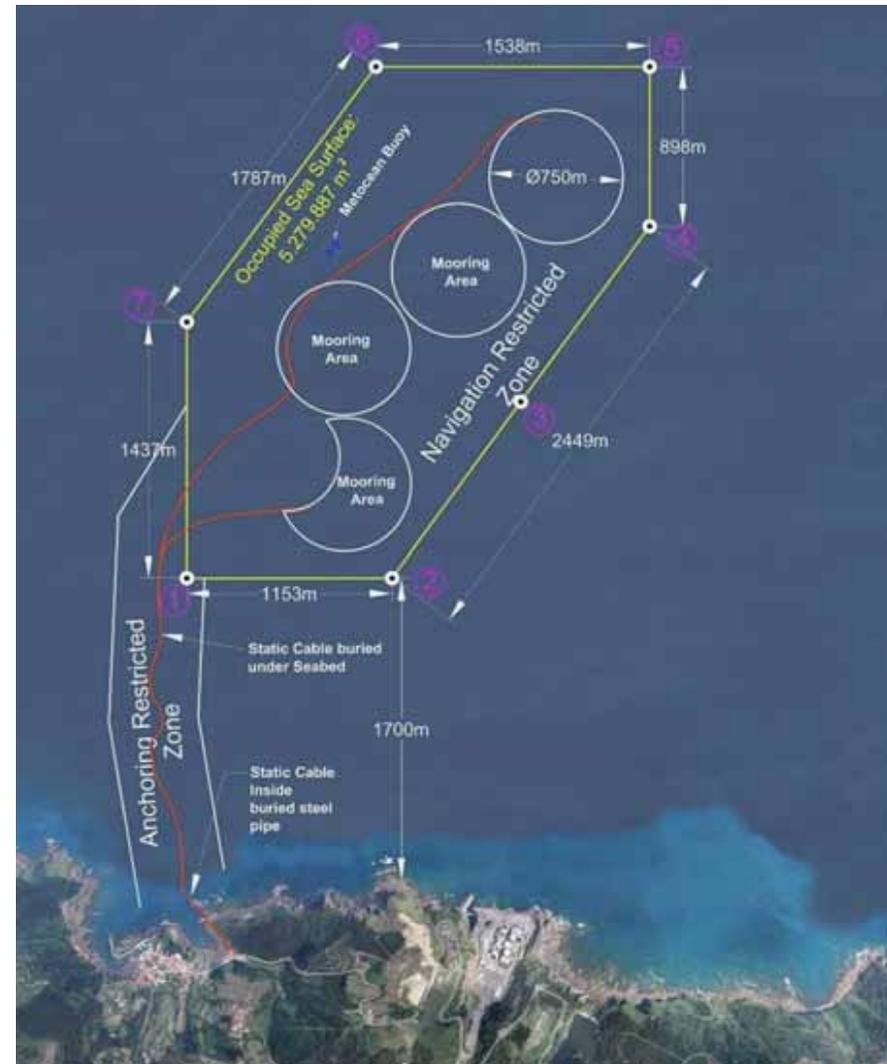
DESARROLLO DE PROYECTOS EN ESPAÑA:

1. PLATAFORMAS

Plataforma BIMEP

Infraestructura para investigación, demostración y explotación de sistemas de captación de la energía marina en Armintza (País Vasco).

- Puesta en marcha 2014
- Flujo de energía= 21 kW/m
- Área= 5.2 km²
- Profundidad = 50-90 m
- Potencia total= 20 MW
- 7 Boyas de demarcación
- 1 Boya Metoceánica(desde Feb. 2009)
- 4 Amarres y cables submarinos, 13.2kV / 5MW
- 1 Subestación en tierra



PLOCAN consorcio PLATAFORMA OCEANICA DE CANARIAS



PLOCAN es una infraestructura para el desarrollo de investigación científica y tecnología oceánica de vanguardia, situada en las Islas Canarias. La instalación consta de un banco de pruebas científico y uno industria (área marina con conexión eléctrica y de datos para probar prototipos de energías marinas).

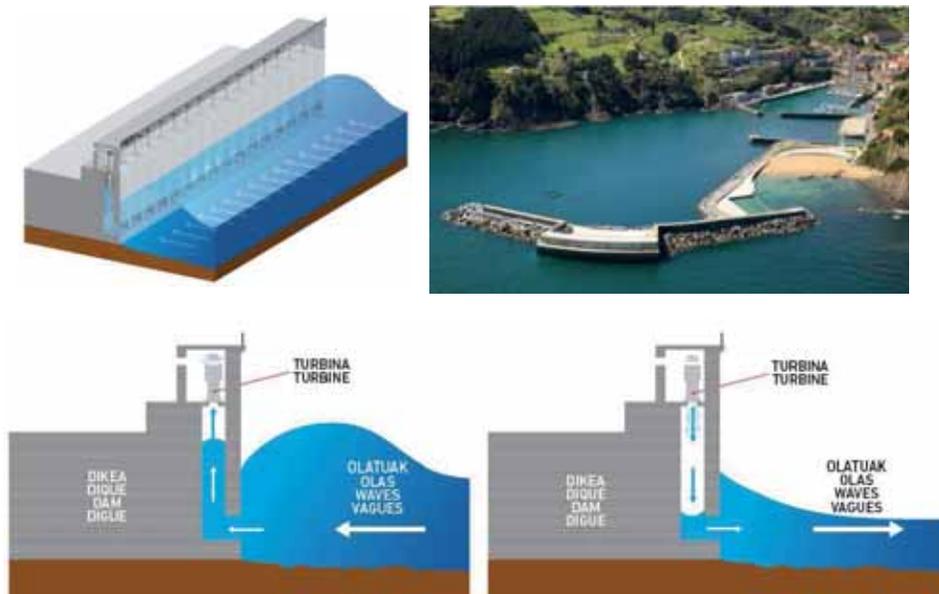


En 2014, ha empezado a ensayar el **proyecto UNDIGEN**, proyecto de demostración en alta mar de un sistema de generación de electricidad a partir de la energía de las olas desarrollado en España (WEDGE, FCC y CIEMAT) y financiado por el M^a de Economía y Competitividad (INNPACTO 2011) y cofinanciado con fondos FEDER.

2. PROYECTOS

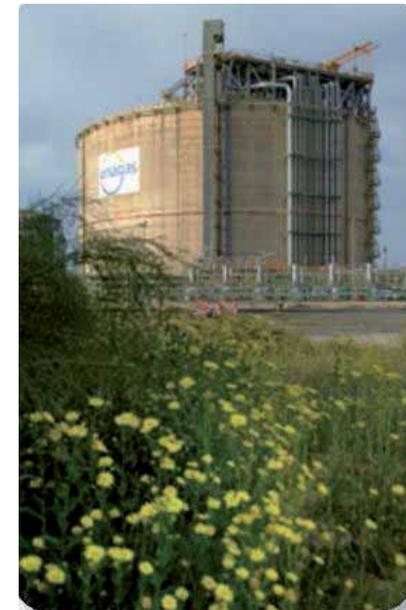
Planta de las olas de Mutriku (EVE)

La planta consta de 16 cámaras realizadas en el nuevo dique de Mutriku, y en cada una de ellas, en el orificio superior, se acopla un grupo turbogenerador de 18'5 kW de potencia nominal, alcanzando la instalación, una potencia total de 296 kW.



Planta oceanotérmica de Huelva

Proyecto PIONERO que permite aprovechar la energía térmica residual del proceso de regasificación del GNL para generar una potencia eléctrica de 4,5 MW.



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN
carmenlopez@idae.es // www.idae.es



IDAE
C/ Madera, 8
Madrid 28004

Tel: 91 456 49 00
Fax: 91 523 04 14

