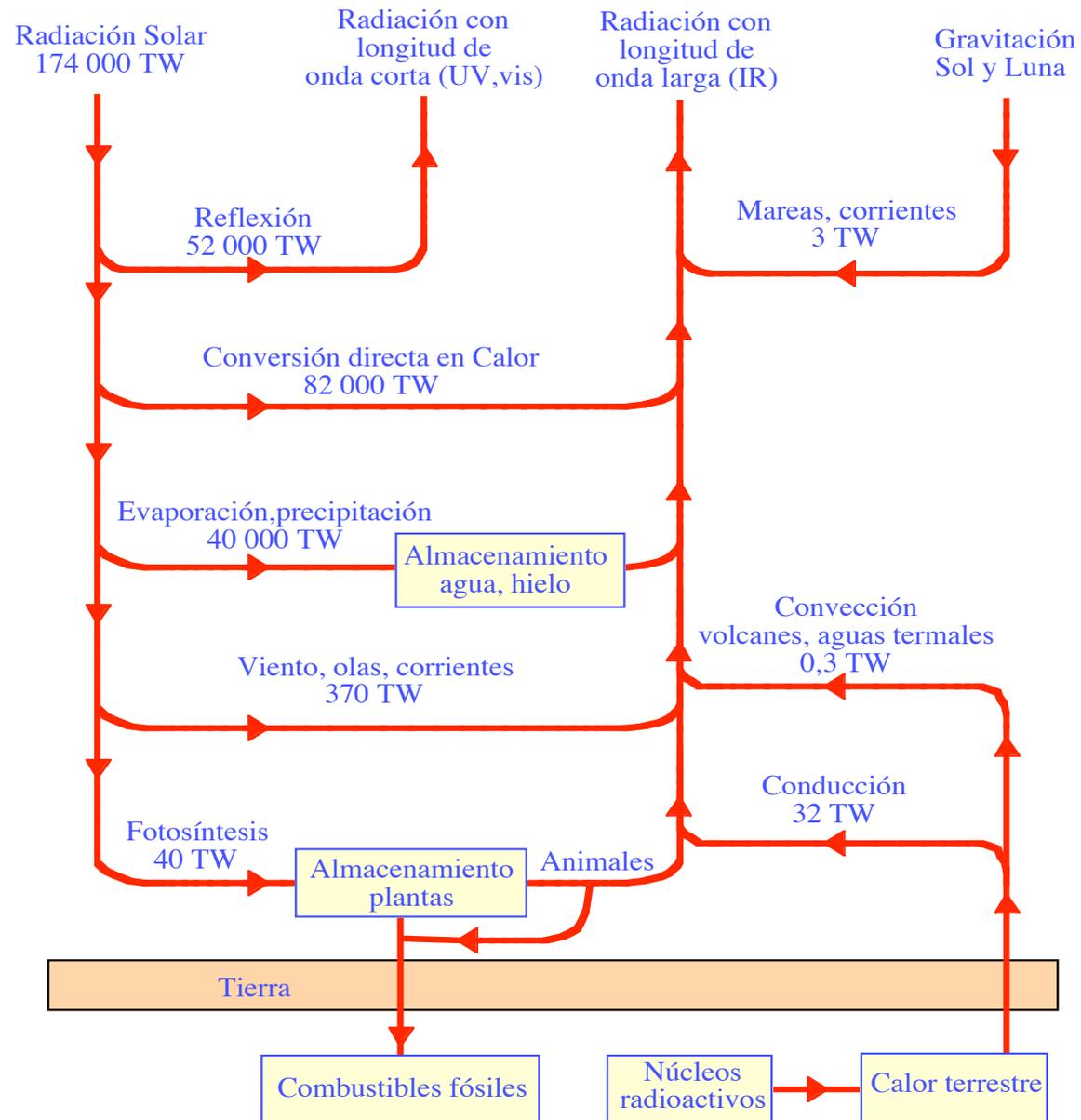




Física y Tecnología Energética

**19 - Otras Energías: Biomasa, Geotérmica,
Mareas, Olas,**

Flujo natural de energía en la Tierra



Fotosíntesis

- En las hojas de las plantas se fabrican Hidratos de Carbono
$$6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} + \text{luz} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$$
- La reacción de fotosíntesis es muy compleja
 - Son necesarios varios fotones
 - La luz es absorbida por varios pigmentos (clorofila)
- La respiración es el proceso contrario
 - Se quemán los hidratos generando CO_2
- La eficiencia energética del proceso de conversión **Energía luminosa \rightarrow Energía química** por fotosíntesis es de un 6% como máximo
 - En la práctica considerando el año completo 1-2%
- El máximo potencial de producción neta de biomasa vegetal es de 71 gr /m².día.
 - Se producen 106 gramos por fotosíntesis
 - Se consumen 35 gramos en la respiración
- Se puede acumular cada año 1 MJ /m². en forma de biomasa
- Los animales
 - Obtienen energía de las plantas
 - No consumen la totalidad de la energía

Energía en la biomasa

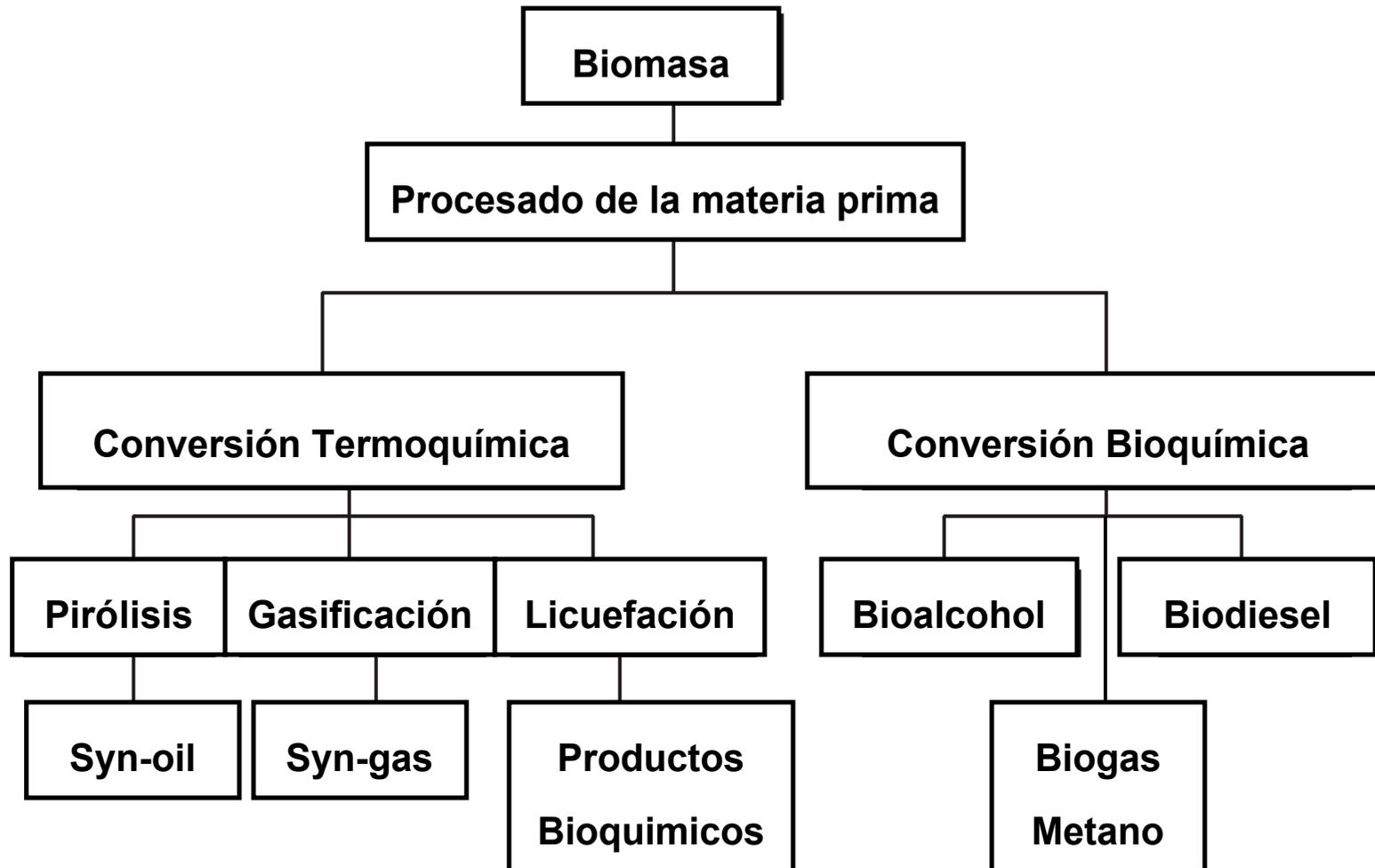
Fuentes posibles de energía

- Bosques
 - Madera, leña...
- Residuos agrícolas
 - Tallos, partes leñosas, hojas secas.....
- Residuos ganaderos
 - Estiércol
- Residuos industria alimentaria
 - Restos de olivas para aceites, orujos, melazas de caña de azúcar o de remolacha
- Cultivos específicos
 - Caña de azúcar, maíz, nabos, sorgo
- Residuos sólidos urbanos
 - Papel 50%, restos comida 20%, madera 3%, vidrio 12%, plástico 8%, metal 7%

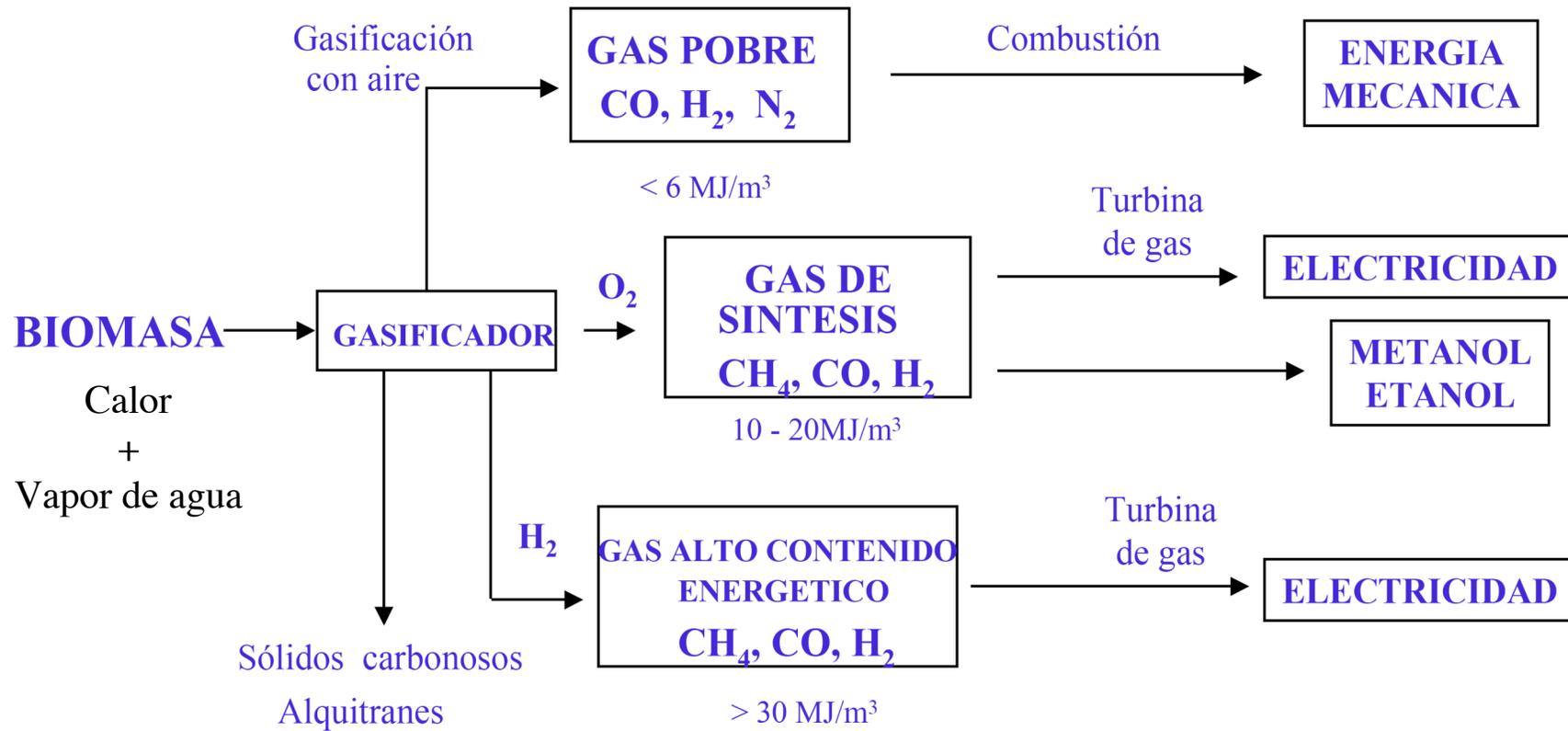
Uso energético

- Central térmica con turbina de vapor
- Obtención de combustibles
 - Gas natural CH_4 , Alcoholes, Aceites (biodiesel)

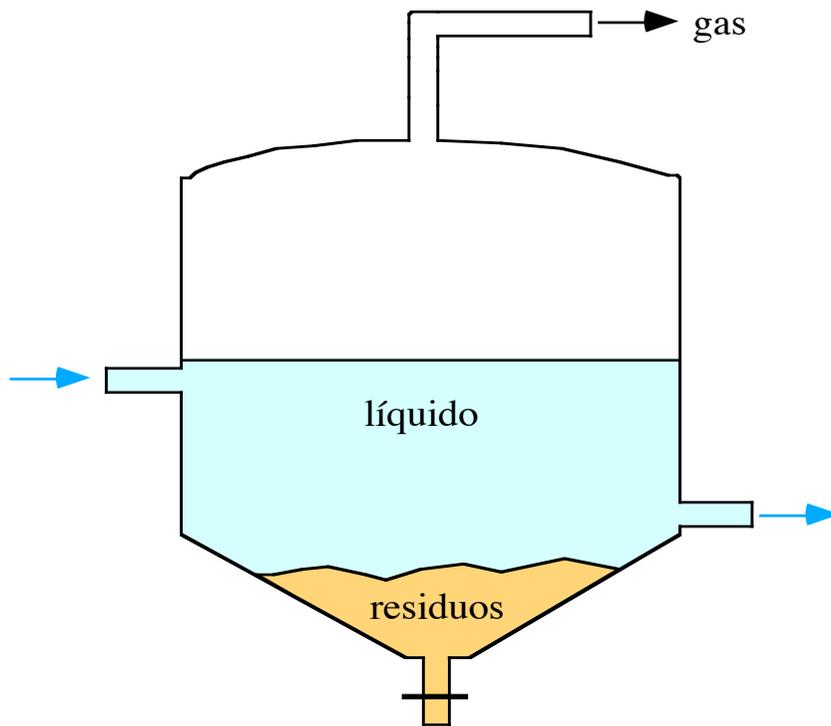
Obtención de Combustibles



Obtención termoquímica de Gas



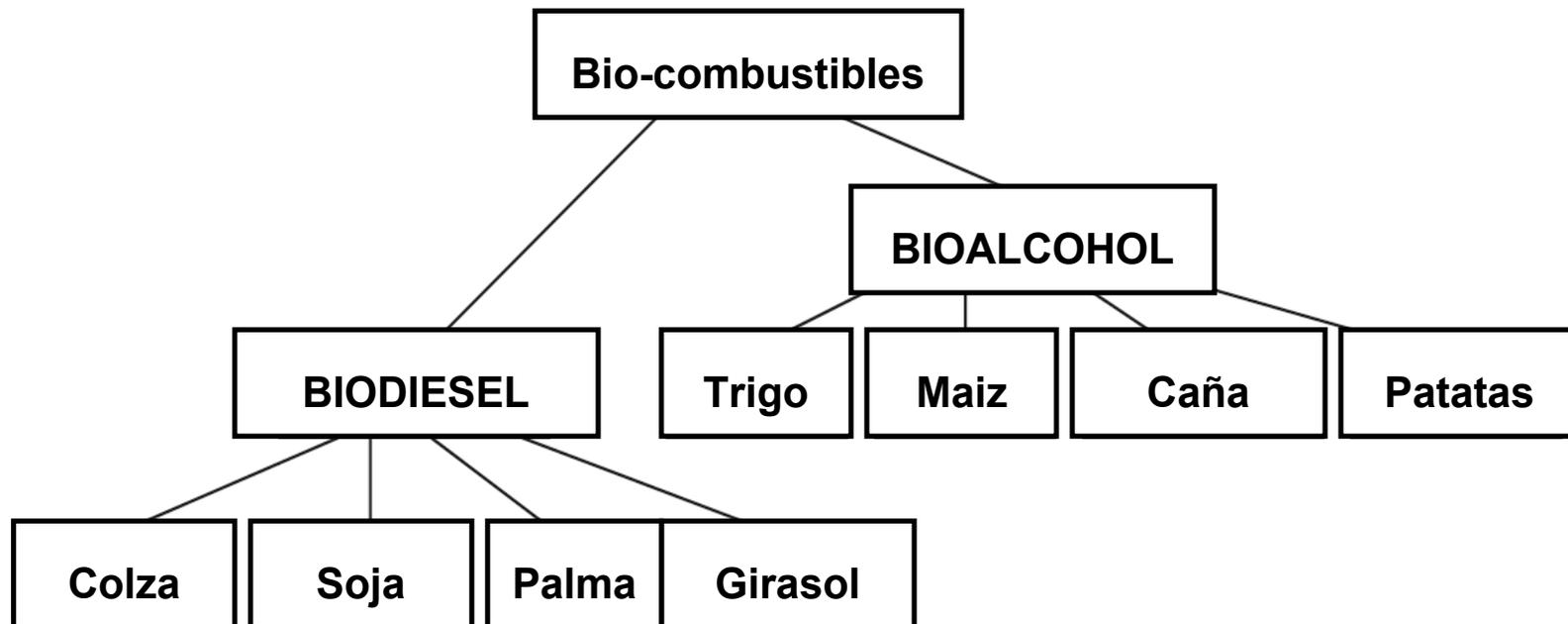
Obtención Bioquímica de Gas



La fermentación anaeróbica de residuos orgánicos produce metano CH_4 .

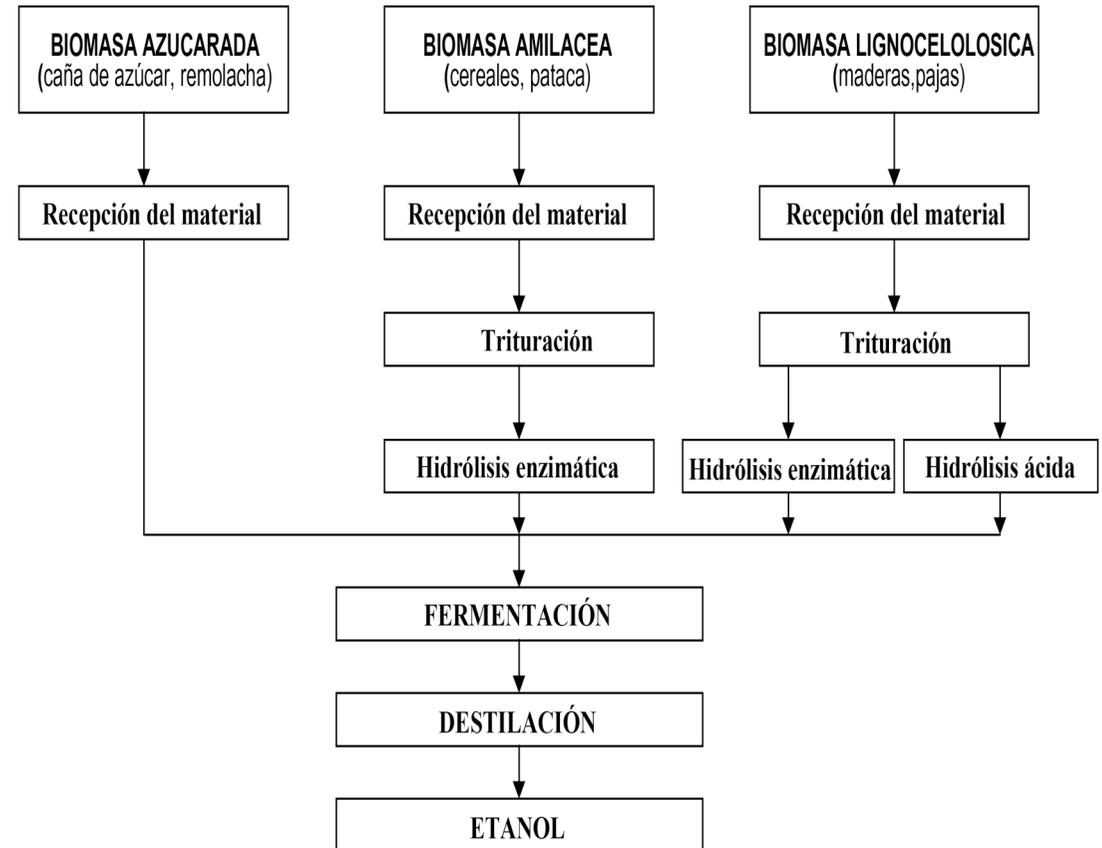
- Se puede emplear en turbinas de gas de mayor eficiencia que las de vapor
- Se produce de forma natural, pero puede intensificarse hasta 50-70% del C
- Puede sustituir al Gas Natural cuando se agoten las reservas
- Se pueden emplear todo tipo de residuos orgánicos: ganaderos, urbanos, industriales..

Combustibles para el transporte



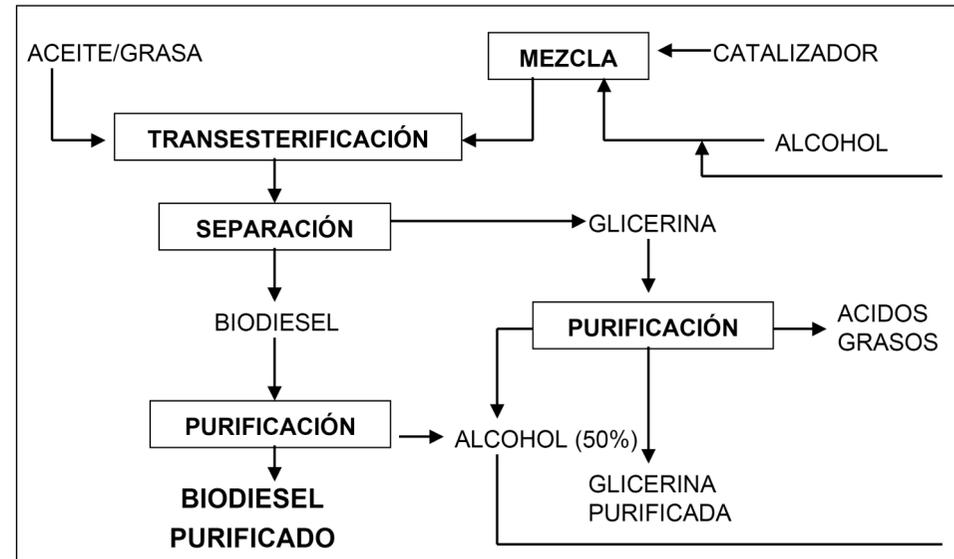
Bioalcohol

- La fermentación de los azúcares por bacterias produce alcoholes.
$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \longrightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{CO}_2$$
- Se convierte en alcohol el 3 - 12 %
- El proceso completo de obtención consume energía
 - Cultivo, recolección, trituración, fermentación, destilado,
 - Es posible tener una ganancia entre 5 y 7, o tener pérdidas netas de energía.
- Puede usarse como combustible en motores de explosión
 - Gasohol. Mezclado al 10% con gasolina
 - Puro (hay que adaptar el motor)
- En Brasil el 30% de los coches funcionan con etanol y metanol, obtenidos de la caña de azúcar
- Pueden producirse 2000 litros de alcohol por hectárea al año (caña, maíz, uva...)



Biodiesel

- El combustible biodiesel se obtiene por transesterificación de las grasas animales y aceites vegetales.
grasas, aceites → **glicerina + monoalkil esteres (biodiesel)**
- El proceso industrial es una reacción de las grasas con metanol catalizada por medio de sosa o potasa caústica. Recuperándose el aceite sobrante y los catalizadores, así como la glicerina
- Puede usarse como combustible en motores diesel, puro o mezclado con gasoil, con prestaciones superiores a las del gasoil puro.
- Es algo menos contaminante que los derivados del petróleo. Es biodegradable.
- No dura almacenado más de 6 meses
- En EEUU se producen actualmente más de 150 Mlitros al año
- Dependiendo del origen de grasas y aceites puede obtenerse más energía o no, de la que se consumió en la obtención de esas grasas y aceites



Energía de la biomasa en España

Uso en el 2004

Objetivos del PER

<i>Consumo de biomasa en España desagregado por sectores (2004)</i>			OBJETIVOS (tep)	
SECTOR		TEP		
Doméstico		2.056.508	<i>Recursos</i>	
Pasta y papel		734.851	Residuos forestales	462.000
Madera, muebles y corcho		487.539	Residuos agrícolas leñosos	670.000
Alimentación, bebidas y tabaco		337.998	Residuos agrícolas herbáceos	660.000
Centrales de energía eléctrica (no CHP)		254.876	Residuos de industrias forestales	670.000
Cerámica, cemento y yesos		129.013	Residuos de industrias agrícolas	670.000
Otras actividades industriales		57.135	Cultivos energéticos	1.908.300
Hostelería		30.408	<i>Aplicaciones</i>	
Agrícola y ganadero		21.407	Aplicaciones térmicas	582.514
Servicios		19.634	Aplicaciones eléctricas	4.457.786
Productos químicos		16.772	<i>TOTALES</i>	
Captación, depuración y distribución de agua		15.642	Energía primaria	5.040.300
Textil y cuero		5.252		
	TOTAL	4.167.035		

Biocarburantes en España

Plantas de Producción (2007)



Producción
toneladas al año
640 000
biodiesel
350 000
bioetanol

Más baratos que
los derivados del
petróleo ya que
están libres del
impuesto de
hidrocarburos

Representa el
0,53% del
consumo de
petróleo

Objetivos del Plan de Energías Renovables

Biocarburantes

Biogas

PER 2005-2010	
<i>Recursos (tep)</i>	
Residuos ganaderos	8.000
Fracción orgánica de RSU	110.000
Residuos industriales biodegradables	40.000
Lodos de depuración de ARU	30.000
<i>Aplicaciones (tep)</i>	
Aplicaciones eléctricas	188.000

OBJETIVOS ENERGÉTICOS 2005-10 (tep)	
<i>Recursos</i>	
Cereales y biomasa	550.000
Alcohol vínico	200.000
Aceites vegetales puros	1.021.800
Aceites vegetales usados	200.000
<i>Aplicaciones</i>	
Bioetanol	750.000
Biodiesel	1.221.800
TOTALES	
Energía primaria (tep)	1.971.800

Energía de la Biomasa

Supone el 18% del consumo mundial de energía

– 35% en países en vías de desarrollo, 4% en USA y 2% en Europa

Ventajas

- Es renovable y barata. Se puede dar uso a residuos.
- Si es el único combustible, hay equilibrio en el CO₂ atmosférico: lo que se emite al quemarlos equivale a lo que absorbieron los vegetales iniciales .

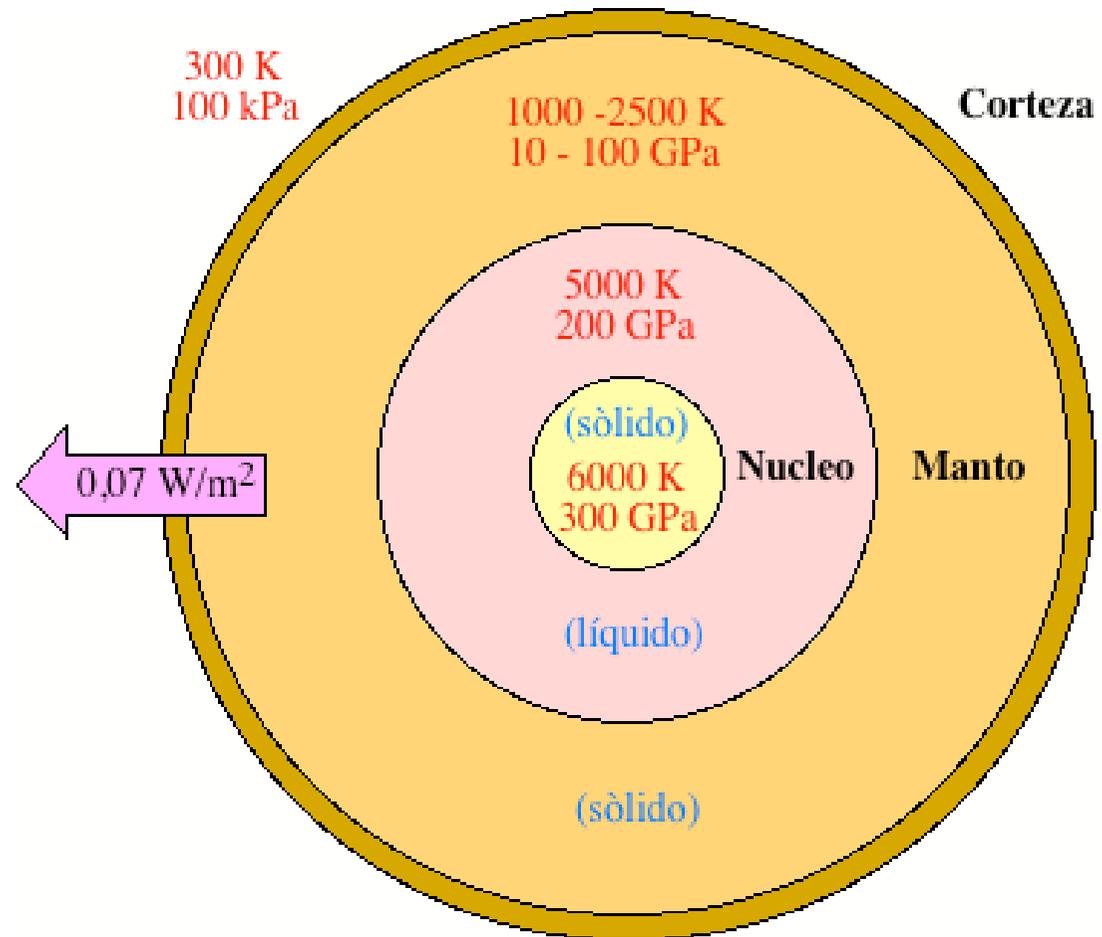
Inconvenientes

- La combustión genera contaminación atmosférica: CO, NO_x, SO_x.....
 - Generalmente menos que los fósiles (no contiene S, genera menos hollín)
 - Puede ser notable en el caso de residuos urbanos e industriales
- Si se cultiva intensivamente, no es tan renovable ni barata y puede no ser energéticamente rentable.
- Los usos energéticos pueden competir con los alimentarios

Energía Geotérmica

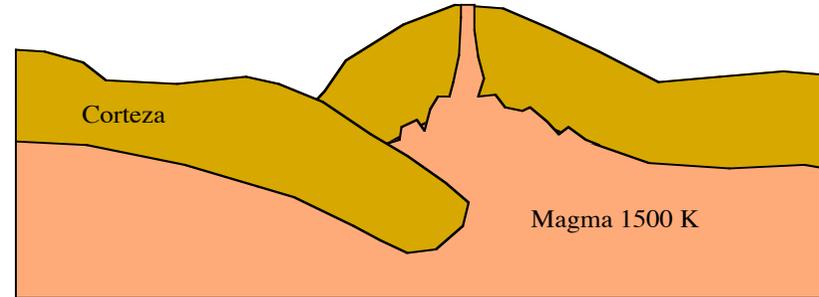
El interior de la tierra está muy caliente debido a

- Compresión adiabática
- Calor procedente de:
 - Radioactividad U, Ra,Th
 - Cambio de fase líquido-sólido
 - Temperatura original en la formación del planeta.
 - Impacto de meteoritos
 - Mareas interiores

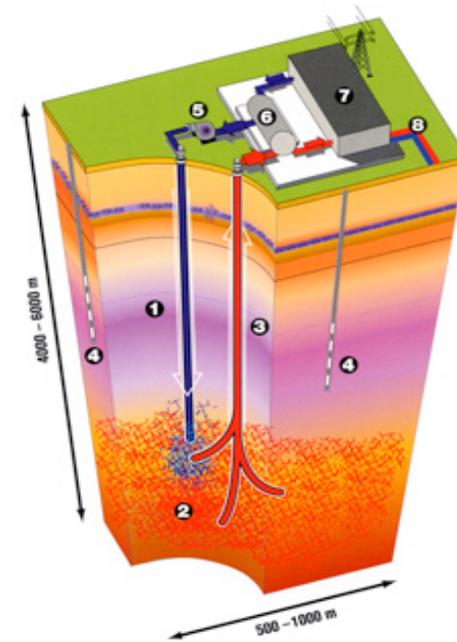


Energía Geotérmica

- En general la temperatura cerca de la superficie aumenta 30°C con cada km de profundidad
- En los bordes de las placas continentales, en los “centros calientes”, y en las fallas es posible encontrar temperaturas de 1200°C muy cerca de la superficie



- Se puede emplear la energía geotérmica extrayéndola de
 - Aguas termales naturales
 - Chorros naturales de vapor (Geyser)
 - Gradiente geotérmico normalExisten temperaturas que superan los 200°C a profundidades superiores a los 5 km Se inyecta agua y se obtiene vapor que mueve turbinas
- Magma fundido
- Temperaturas elevadas (alta eficiencia para producir electricidad) pero problemas técnicos serios



Energía Geotérmica

Actualmente sólo se emplea

- Aguas termales naturales
 - Balnearios
 - En Islandia calefacción de los edificios
- Generación eléctrica con vapor geotérmico
 - Italia, USA, Japón , N.Zelanda

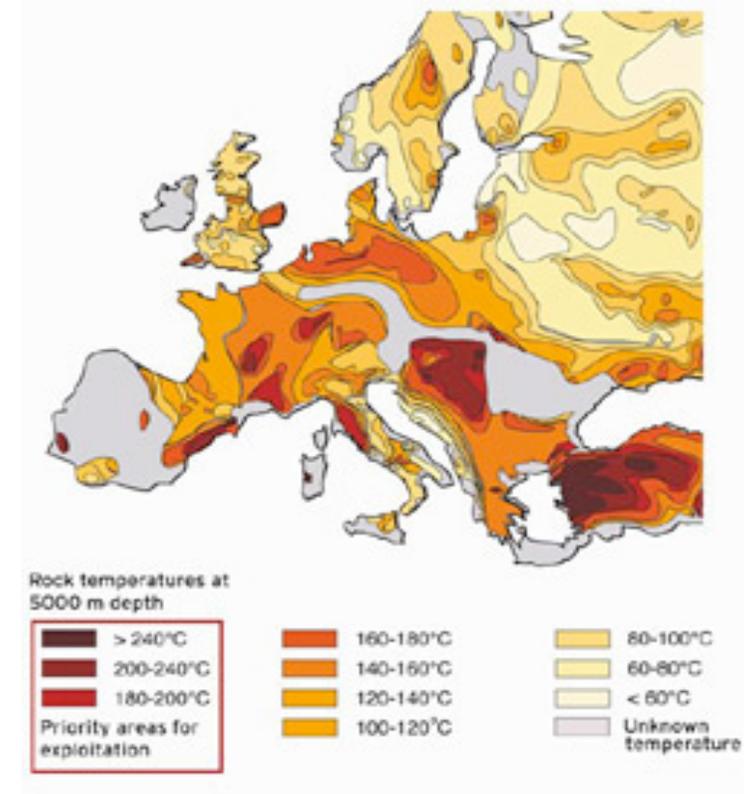
Ventajas

- Podría ser limpia y barata en determinadas zonas
- Es renovable

Inconvenientes

- En la práctica no es ni limpia ni barata
 - Contaminación con S
 - Corrosión del equipamiento
- No es tan “renovable”
- Están muy poco desarrolladas sus posibles aplicaciones

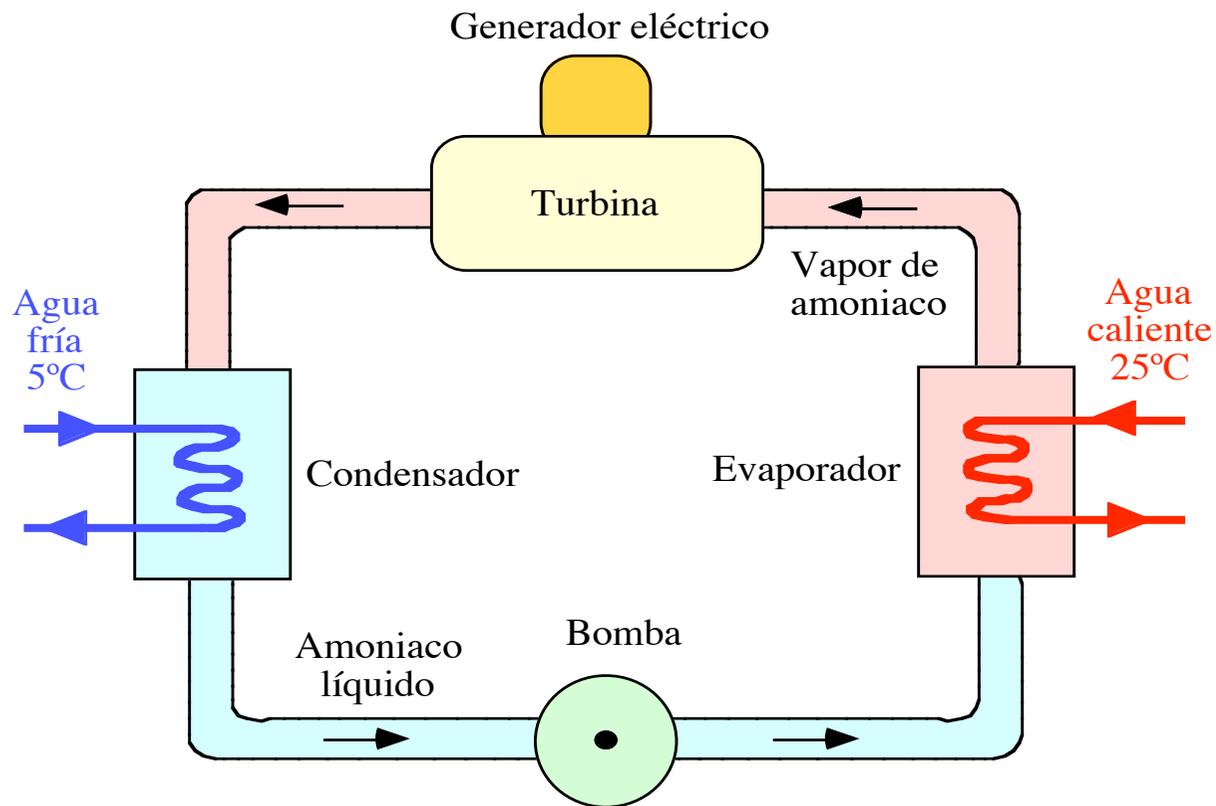
Zonas de Europa donde podría explotarse



Rock temperatures at 5 km depth

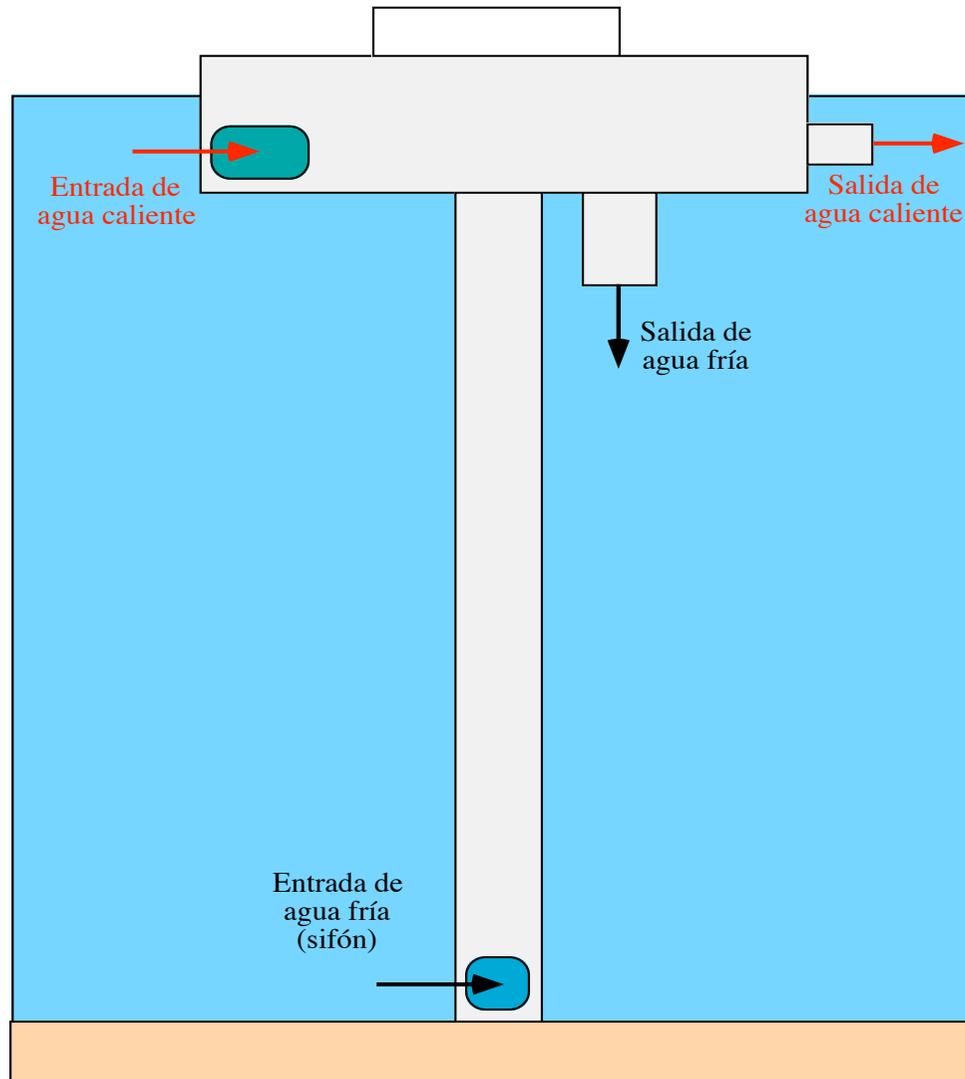
Energía térmica del Océano

- Entre la superficie calentada por el sol y el fondo oceánico existen diferencias de temperatura de 25°C en el ecuador y 10°C para nuestra latitud
- Esta diferencia de temperaturas puede emplearse para mover una máquina térmica



- La eficiencia de Carnot sería 7%, en la práctica 2.5 %
- Si queremos producir 100 MW necesitamos un caudal de unos 25 Mlitros/s de agua fría y caliente (tuberías de 15 m de diámetro)

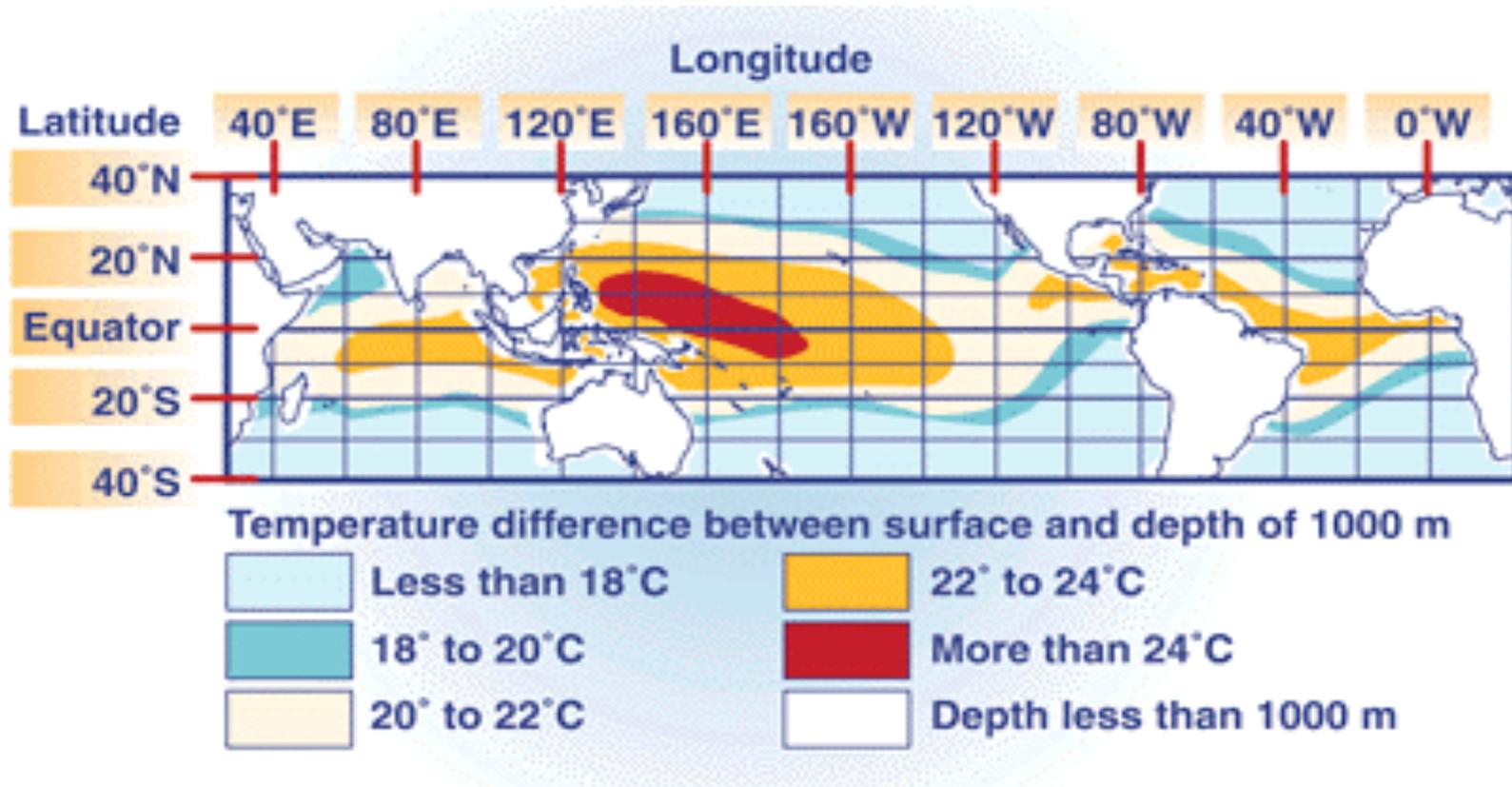
Energía térmica del Océano



- Es necesario hacer circular el agua fría y caliente
- El agua fría se puede hacer ascender por efecto sifón

- En 1930 instalación de 22 kW en Matanzas (Cuba), consumía más energía de la que producía
- 1970 . Proyecto de 100 MW en Hawaii. Nunca llegó a construirse. Sigue funcionando un centro de investigación
- 2001 Se construye una planta de 1 MW en la India con $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

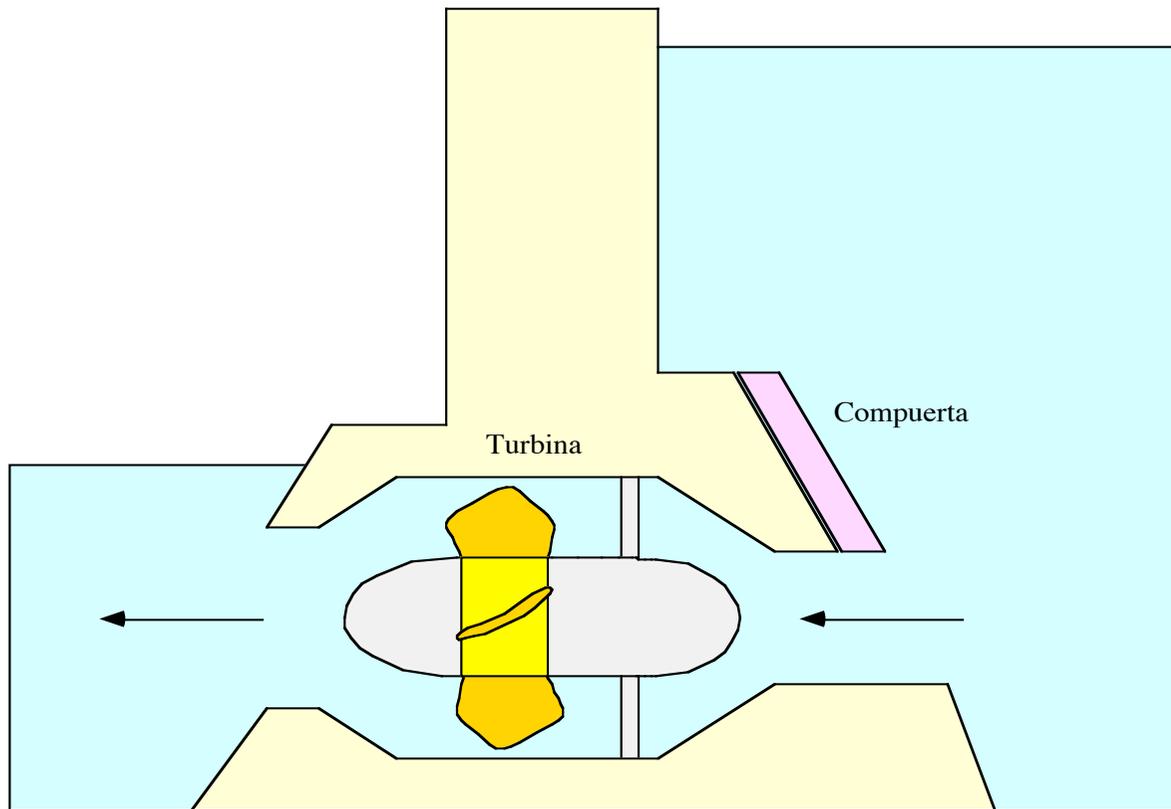
Zonas de mayor diferencia de Temperaturas



En la mayor parte de los océanos la eficiencia térmica sería muy baja

Energía de las Mareas

- La atracción gravitatoria de la Luna y el Sol generan diferencias de altura del nivel del mar de hasta 10 m con un periodo de 12,5 h
- Estas diferencias de altura pueden emplearse como energía hidroeléctrica

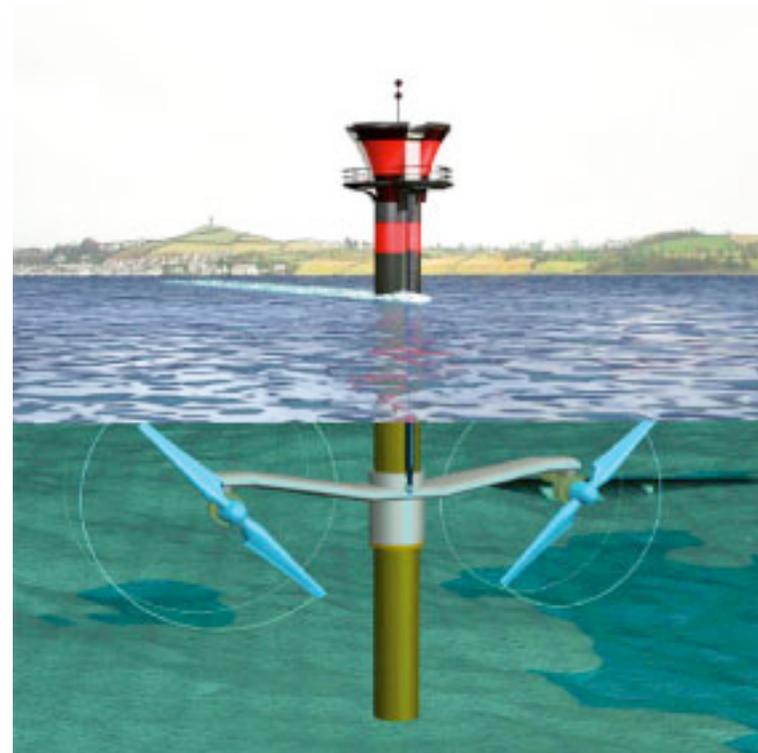


Empleando las subidas y bajadas de la marea, pueden ponerse las turbinas en funcionamiento 4 veces al día

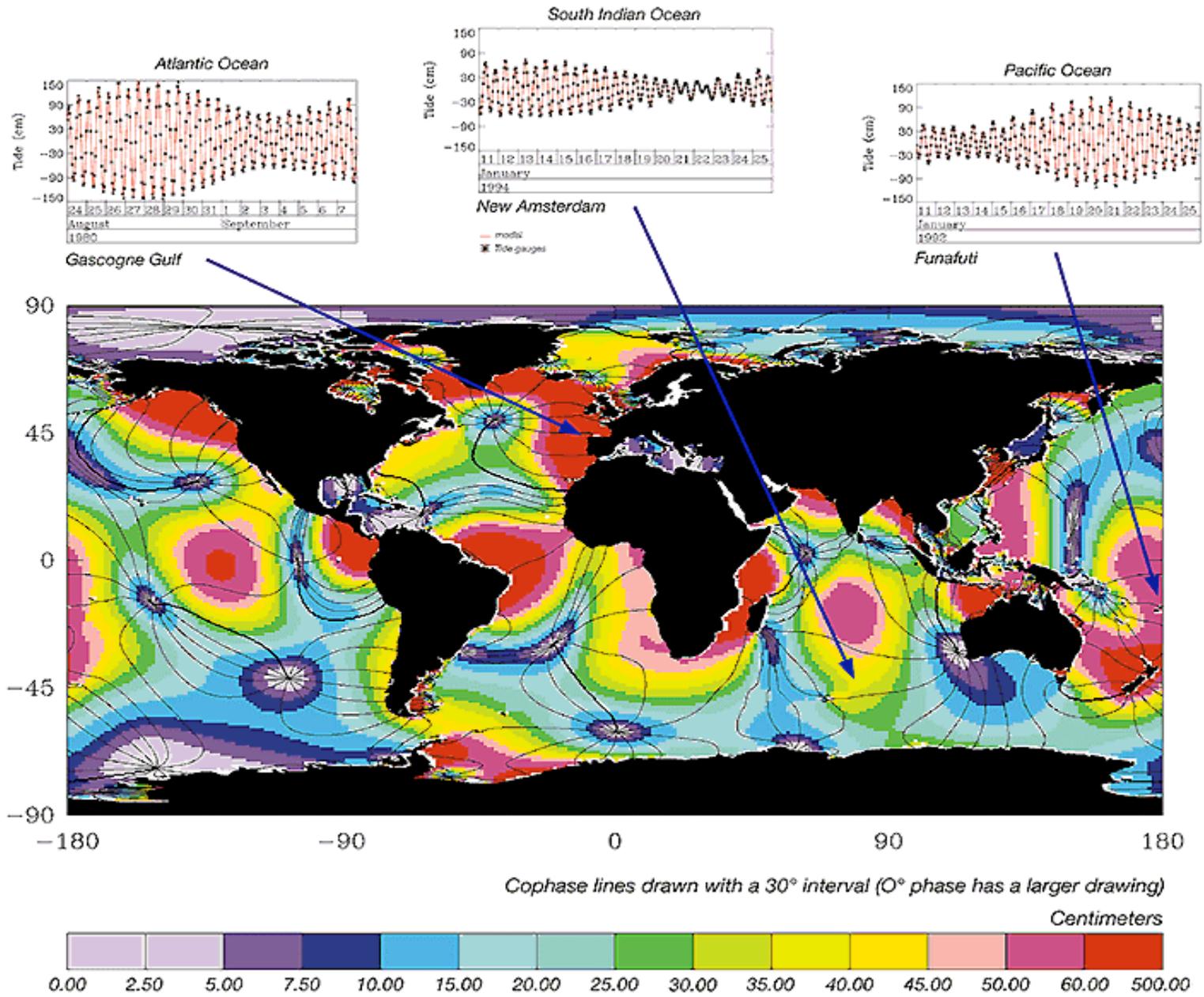
Energía de las corrientes de marea



- También pueden instalarse turbinas que aprovechen las corrientes de marea sin alterar demasiado el tráfico marítimo ni el ecosistema

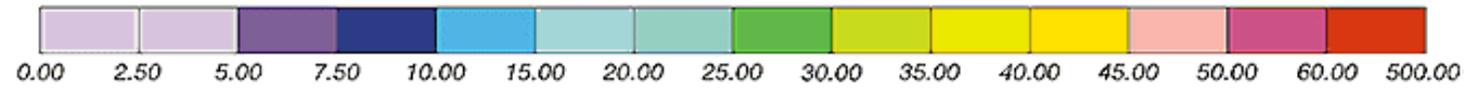


Mareas en el mundo



Cophase lines drawn with a 30° interval (0° phase has a larger drawing)

Centimeters

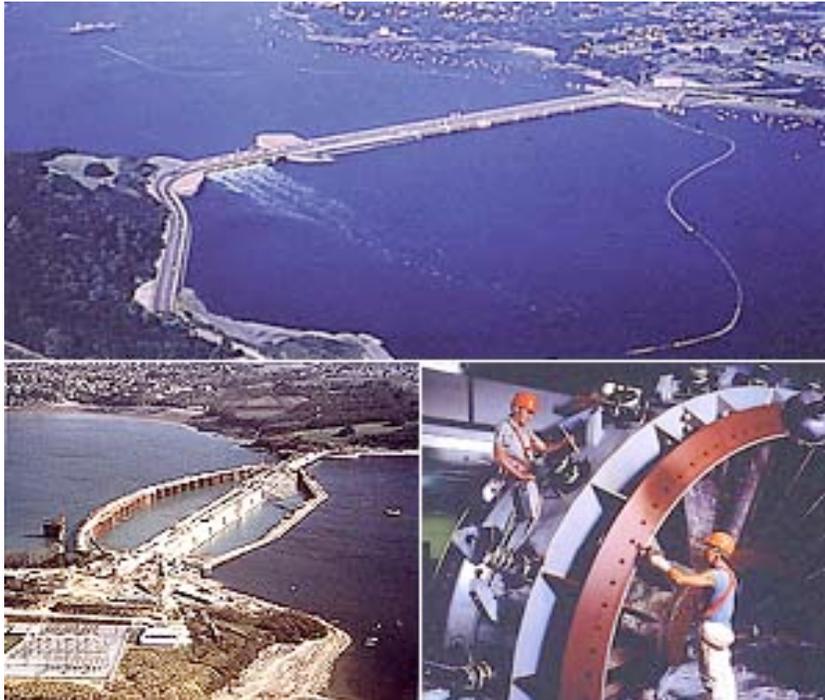


Source : IMG/LEGI, Grenoble 1995

Energía de las mareas

Actualmente funcionan:

- Desde 1967 La Rance (Francia) 240 MW
- Desde 1969 Mar Blanco (Rusia) 1 MW
- Desde 1984 Annapolis (Canadá) 18 MW



Ventajas

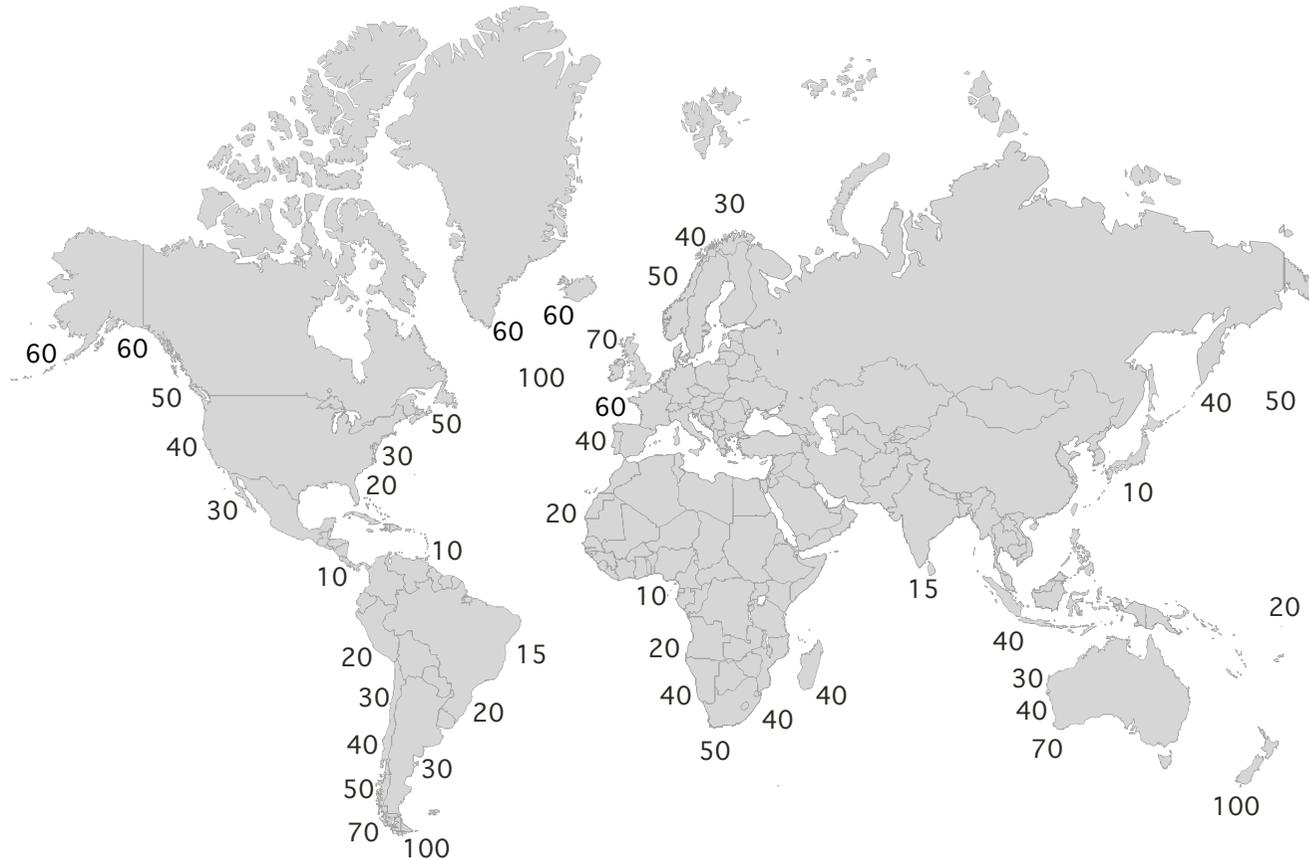
- Es barata e inagotable

Inconvenientes

- Es intermitente, aunque periódica
- Para que sea eficiente hay que cerrar una bahía, estuario o río.
- Perturba el ecosistema marino
- No produciría grandes cantidades
 - Usando los lugares más favorable se produciría unas 50 veces menos que con la hidroeléctrica convencional

Energía de las Olas

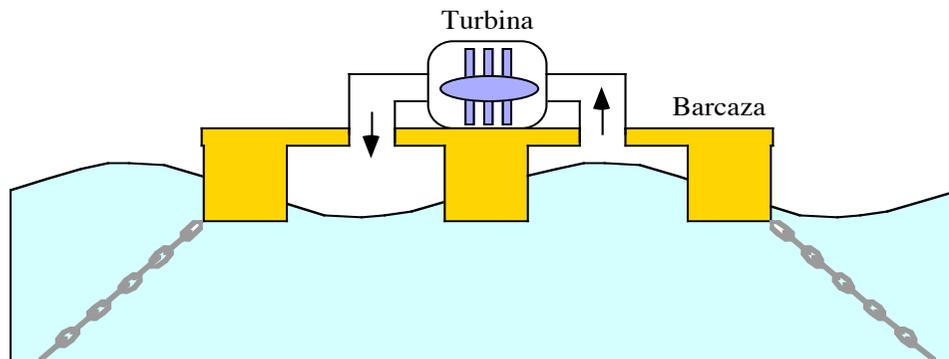
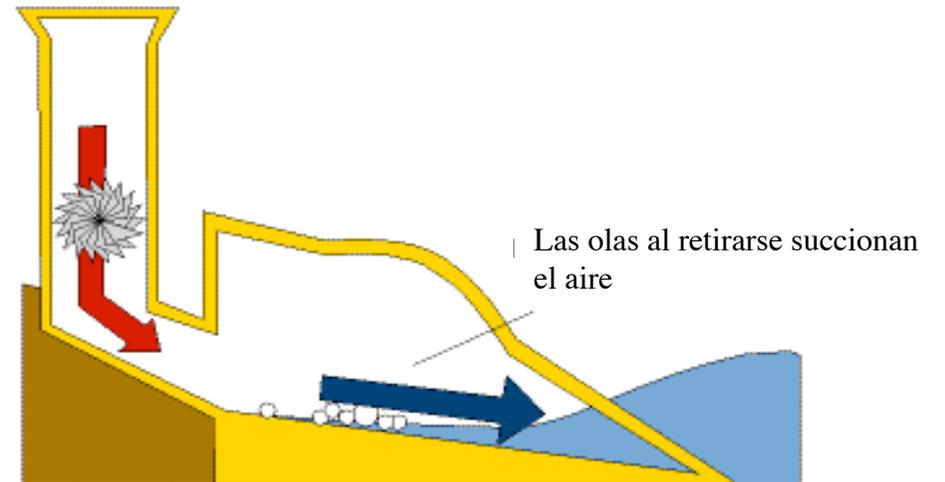
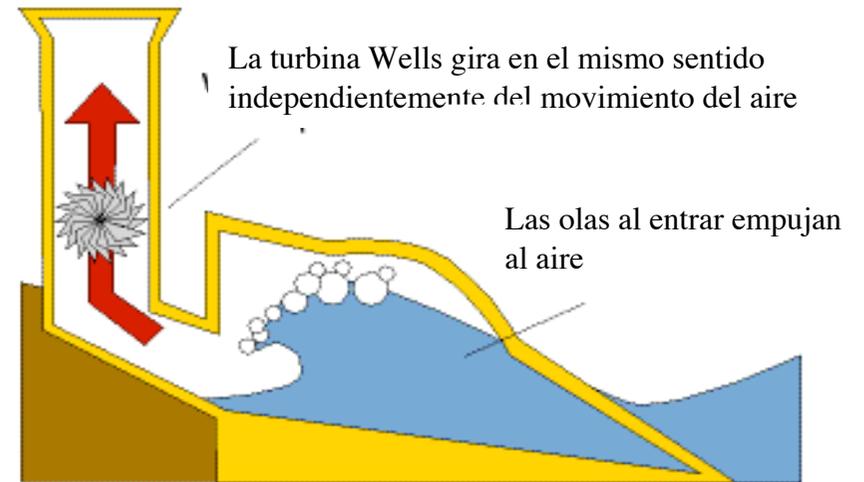
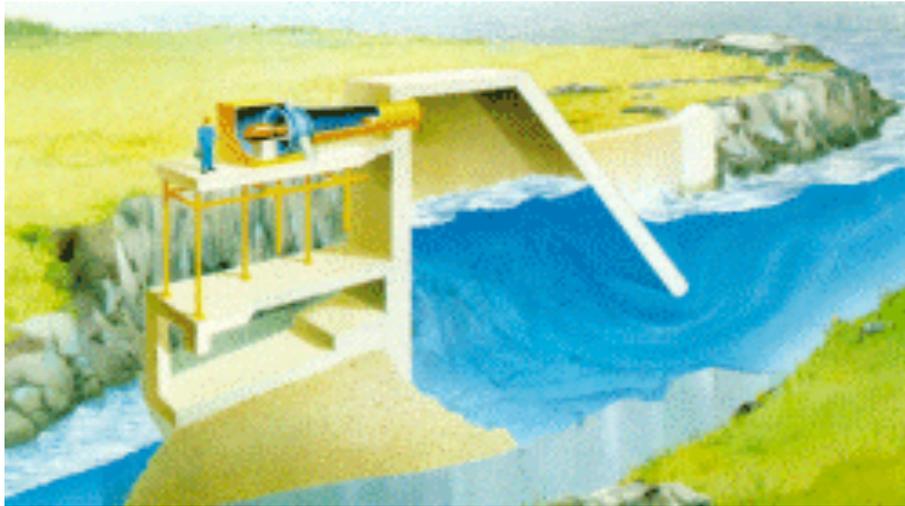
- El viento genera olas en mares y océanos que alcanzan la costa llevando una energía que puede alcanzar valores de 100 kW/m de frente de ondas.
- Las olas son más constantes y predecibles que el viento



Energía en las olas (kW/m de frente de ondas)

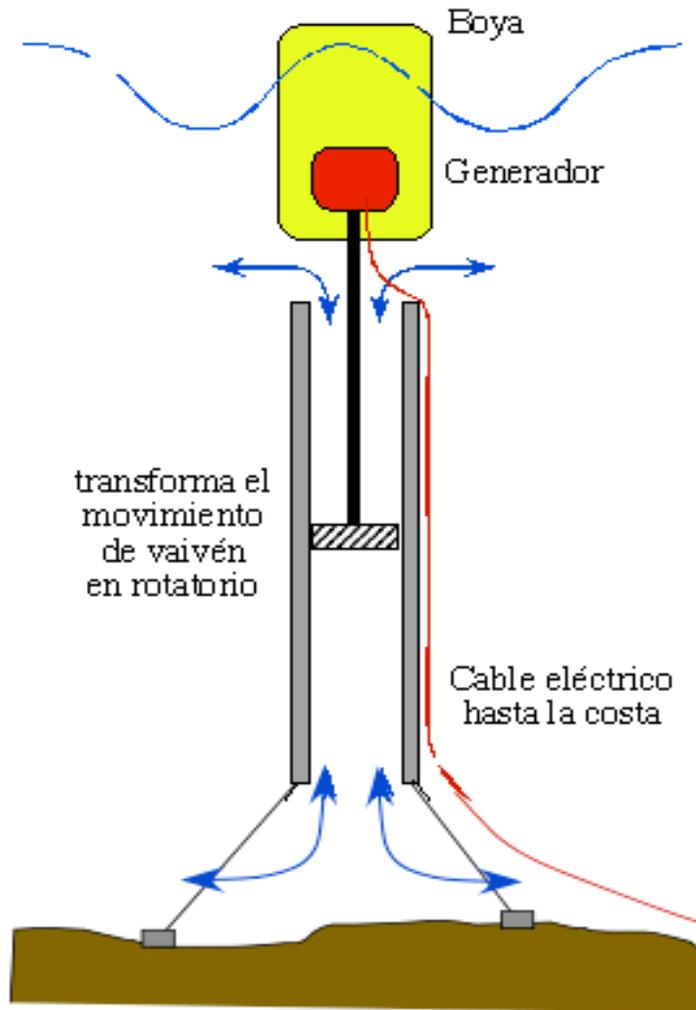
Energía de las Olas. Prototipos

Se comprime aire para hacer funcionar una turbina



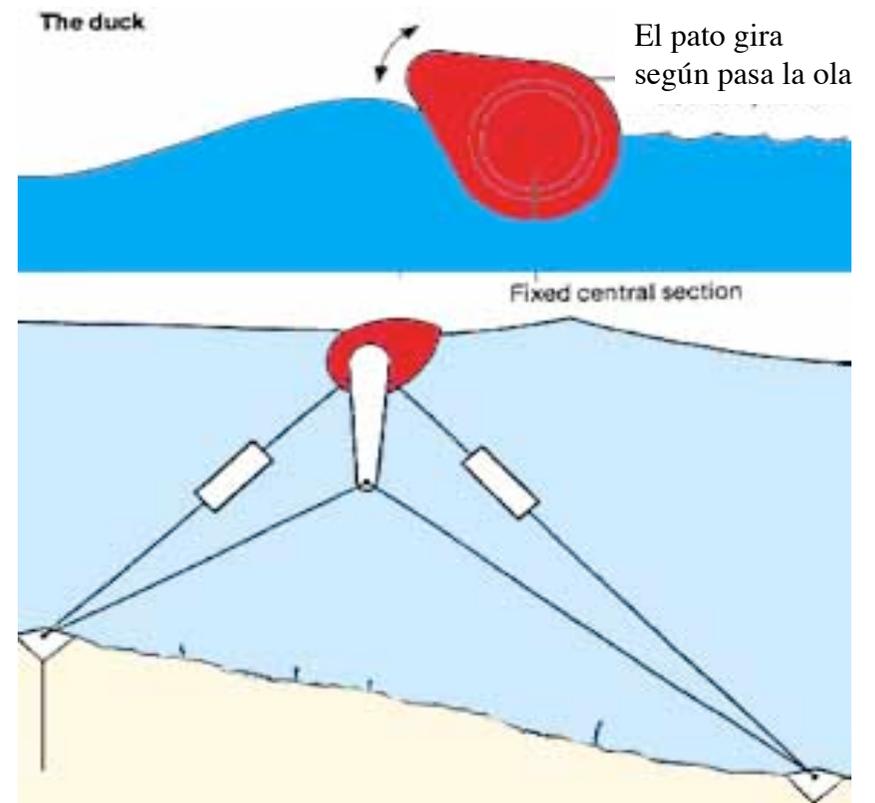
Energía de las Olas. Prototipos

Tipo boya



Se emplea el movimiento de subida-bajada directamente o se convierte en rotación

Tipo pato



Energía de las olas en España



Iberdrola ha instalado en Santoña 10 generadores tipo boya con una potencia total de 125 kW.

En el dique exterior del puerto de Mutriku se está instalando un generador por compresión del aire de 480 kW de potencia total



Se podrían instalar en el Cantábrico 100 MW

Energía de las Olas

- Hay numerosos proyectos de investigación y prototipos funcionando, pero ninguna planta de producción.
- Su uso podría ocupar grandes extensiones de costa
- Deben ser sistemas lo suficientemente ligeros para aprovechar las olas pequeñas y lo suficientemente robustos para resistir los temporales
- Se estima que se podría producir electricidad a un precio competitivo con los métodos convencionales
- Se deben minimizar los efectos visuales y sobre el ecosistema. No puede interferir ni con la pesca ni con la navegación

Estado actual de las tecnologías renovables

Generación de electricidad, usos térmicos y transporte

Tecnología	Coste de inversión(\$/kW)	Coste de producción	
		Actual (c\$/kWh)	Futuro (c\$/kWh)
Energía de la Biomasa	900 – 3.000	5 – 15	4 – 10
Energía Eólica	1.100 – 1.700	5 – 13	3 – 10
Energía Solar Fotovoltaica	5.000 – 10.000	50 – 125	5 – 25
Energía Solar Termoeléctrica	3.000 – 4.000	8 – 15	4 – 10
Energía Hidroeléctrica	1.000 – 3.500	2 – 8	3 – 8
Energía Minihidroeléctrica	1.200 – 3.000	4 – 10	3 – 10
Energía Geotérmica	800 – 3.000	2 – 10	1 – 8
Energía Marina	1.700 – 2.500	8 – 15	8 – 15
Energía de la Biomasa	250 – 750	1 – 5	1 – 5
Energía Solar Térmica	500 – 1.700	3 – 20	2 – 10
Energía Geotérmica	200 – 2.000	0,5 – 5	0,5 – 5
Biocombustibles	----	8 – 25 \$/GJ	6 – 10 \$/GJ

(Gasoil 5 -10 \$/GJ)

Fuente: Informe Mundial de la Energía 2000