

***II Ciclo de Conferencias de la
Asociación de Antiguos Alumnos y
Amigos de la Universidad
de La Laguna***

***Energías
renovables***



LA ENERGÍA DE LA BIOMASA

LA FORMACIÓN DE LA BIOMASA

FUENTES DE BIOMASA PARA FINES ENERGÉTICOS

PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA EN ENERGÍA

EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS

COMBUSTIÓN

GASIFICACIÓN

PIRÓLISIS

FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

DIGESTIÓN ANAEROBIA

LA FORMACIÓN DE LA BIOMASA

Energía de la biomasa: energía solar almacenada en forma de energía química

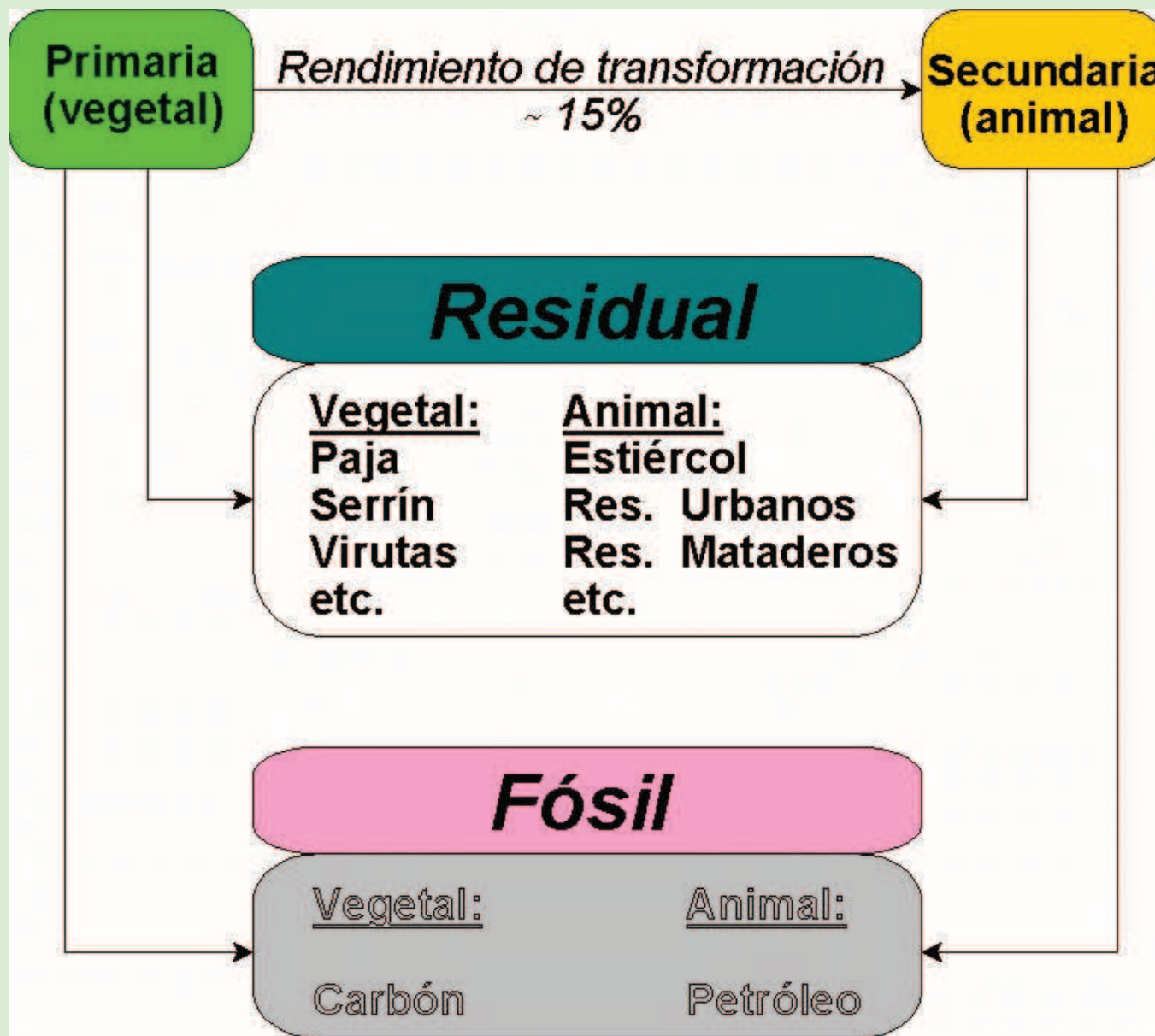
Biomasa: conjunto de materiales orgánicos generados a partir de la fotosíntesis o bien producidos en la cadena biológica

Fotosíntesis: transformación de productos minerales en materia orgánica con ayuda de la energía solar (rendimiento $\approx 1\%$)

Potencial muy elevado, pero limitado por:

- Dispersión
- Difícil recolección
- Dificultades de transporte

FUENTES DE BIOMASA PARA FINES ENERGÉTICOS



Obtención de energía útil:

- Utilizar como fuente de biomasa los **residuos** (perspectivas inmediatas de aprovechamiento)
- Utilizar como fuente de biomasa los llamados "**cultivos energéticos**" plantaciones destinadas exclusivamente a producir energía (importancia significativa sólo a medio o largo plazo)

Tipos de residuos

- Residuos agrarios
 - Residuos agrícolas: fracción de las plantas cultivadas que es preciso separar para obtener el fruto o para facilitar el cultivo (pajas de cereales, residuos de poda de frutales y viñedo y tallos de cultivos textiles y de oleaginosas)
 - Residuos forestales: materiales que se originan en la elaboración de madera o en la limpieza de los montes (ramas, cortezas, virutas, serrín, hojas, tocones y raíces)
 - Residuos ganaderos: deyecciones de los animales estabulados en las explotaciones ganaderas
- Residuos industriales: industrias alimentarias

La energía de la biomasa

- Residuos urbanos
 - Residuos sólidos urbanos: materiales generados en los procesos de consumo humano que son destinados al abandono; es la biomasa residual más aprovechable ya que está concentrada, es imprescindible su recogida y es necesario su transporte



La energía de la biomasa

- Residuos urbanos

- Aguas residuales urbanas: Líquidos procedentes de la actividad humana, cuya fracción sólida contiene una apreciable cantidad de biomasa residual; su depuración genera fangos de alta carga contaminante, que hay que reducir



Cultivos energéticos: cosechas que se desarrollan atendiendo al valor que poseen como fuente de energía. Esta faceta agrícola se conoce como "Agroenergética"

- Cultivos tradicionales
 - Cereales
 - Caña de azúcar
 - Remolacha
 - Mandioca
 - Plantaciones forestales



La energía de la biomasa

- Cultivos poco frecuentes
 - Cardos
 - Pataca
 - Chumberas
 - Ágaves
 - Helechos



La energía de la biomasa

- Cultivos acuáticos
 - Algas convencionales y unicelulares
 - Jacinto de agua



La energía de la biomasa

- Cultivos de plantas productoras de combustibles líquidos
 - Palmeras
 - Euforbias
 - Ricino
 - Jojoba
 - Copaiba
 - Membrillo negro

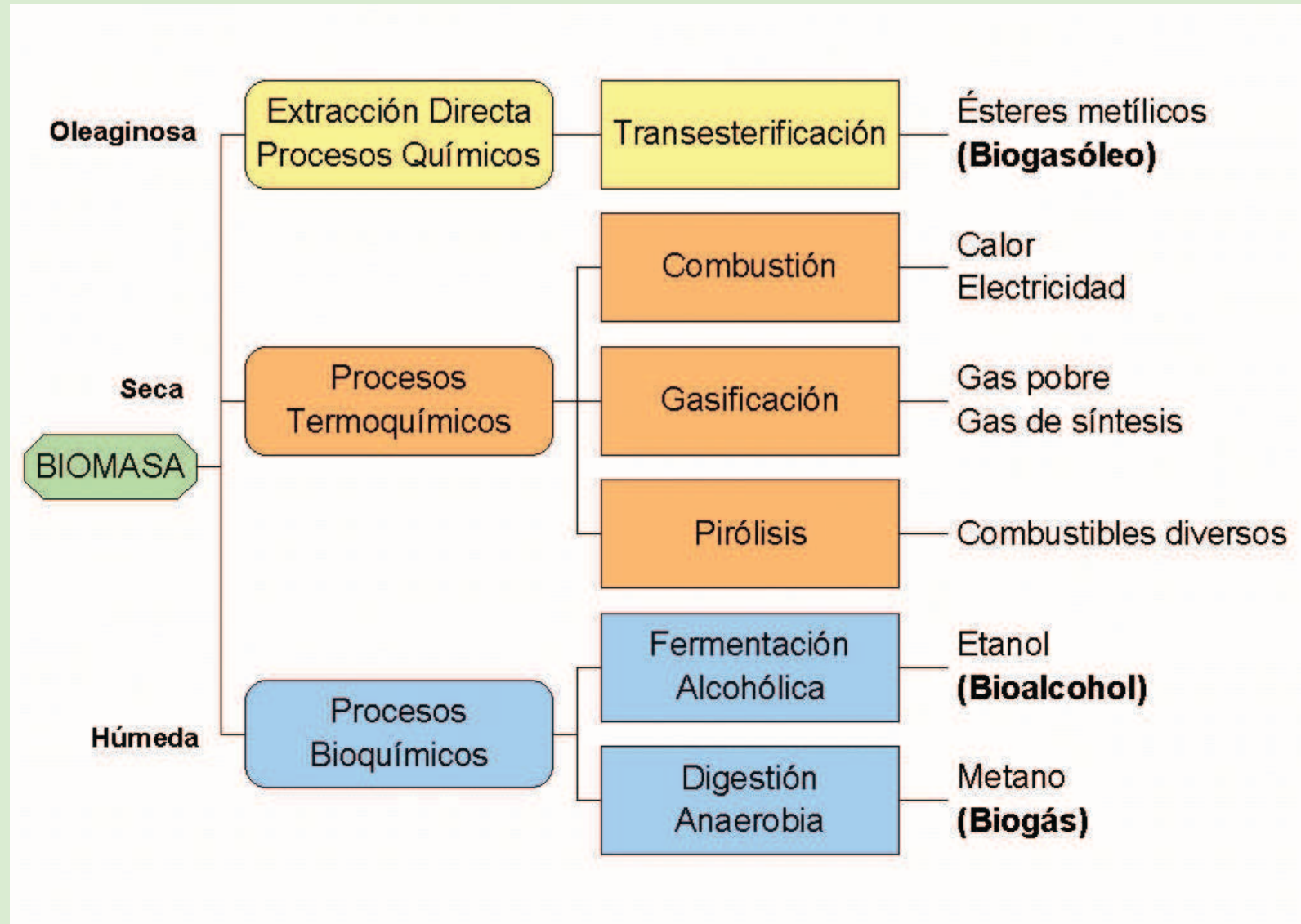


PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA EN ENERGÍA

- Ventajas de los combustibles obtenidos:
 - Presentan escaso contenido en azufre
 - No forman escorias en su combustión
 - Tienen bajo contenido en cenizas
 - Contribuyen a mejorar la calidad del medio ambiente

La energía de la biomasa

- Tipos de procesos:



EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS

Numerosas especies vegetales producen en su metabolismo hidrocarburos o compuestos afines, de elevado poder calorífico. Estos se pueden extraer de forma directa, aunque según la especie vegetal puede variar el tratamiento previo, el tipo de proceso y las diferentes fracciones obtenidas, que generalmente se definen como “**biodiesel**”



COMBUSTIÓN

La combustión directa u oxidación completa para dar dióxido de carbono, agua, cenizas y calor (único componente energético útil del proceso), es el sistema más elemental para la recuperación energética de la biomasa.

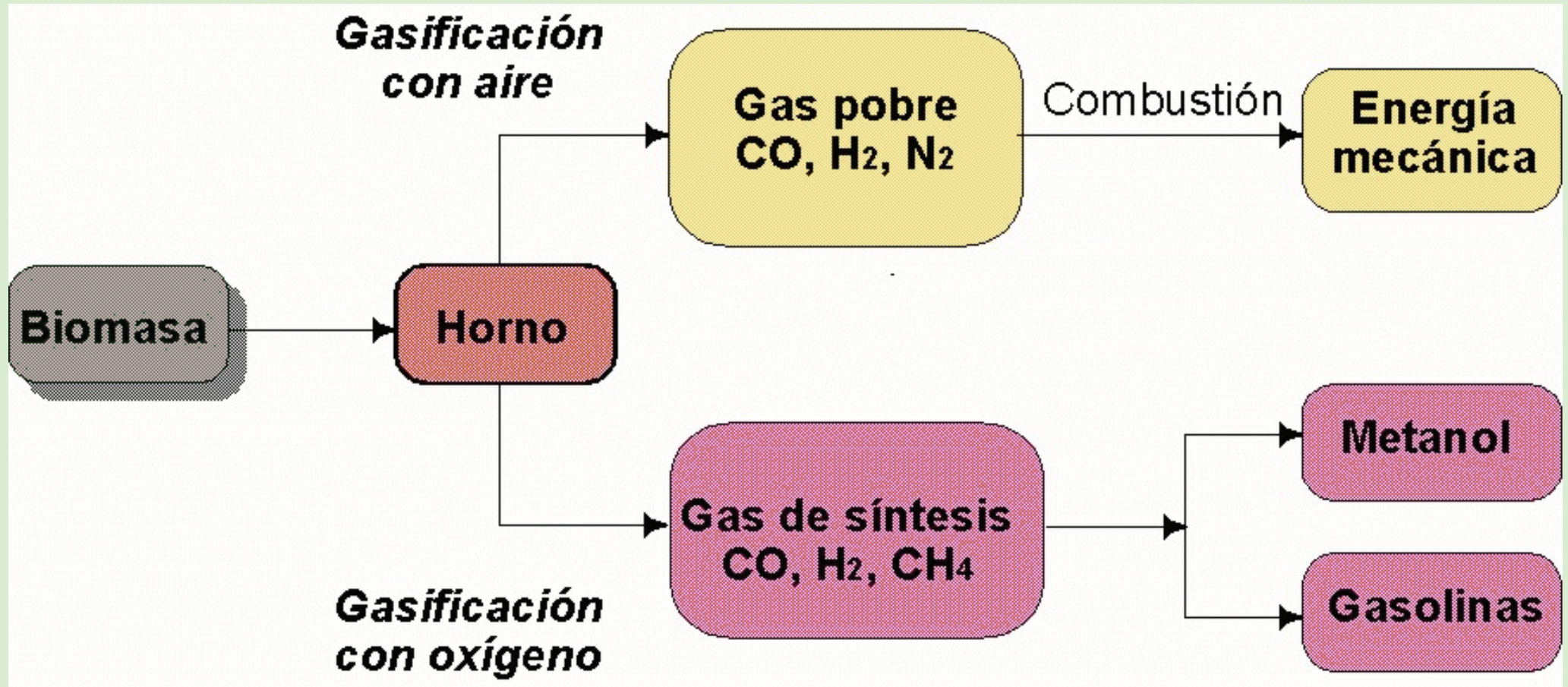


GASIFICACIÓN

Proceso de combustión en condiciones de defecto de oxígeno (50% de teórico), con producción de monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno y metano, en proporciones diversas según la composición de la materia prima y las condiciones del proceso.

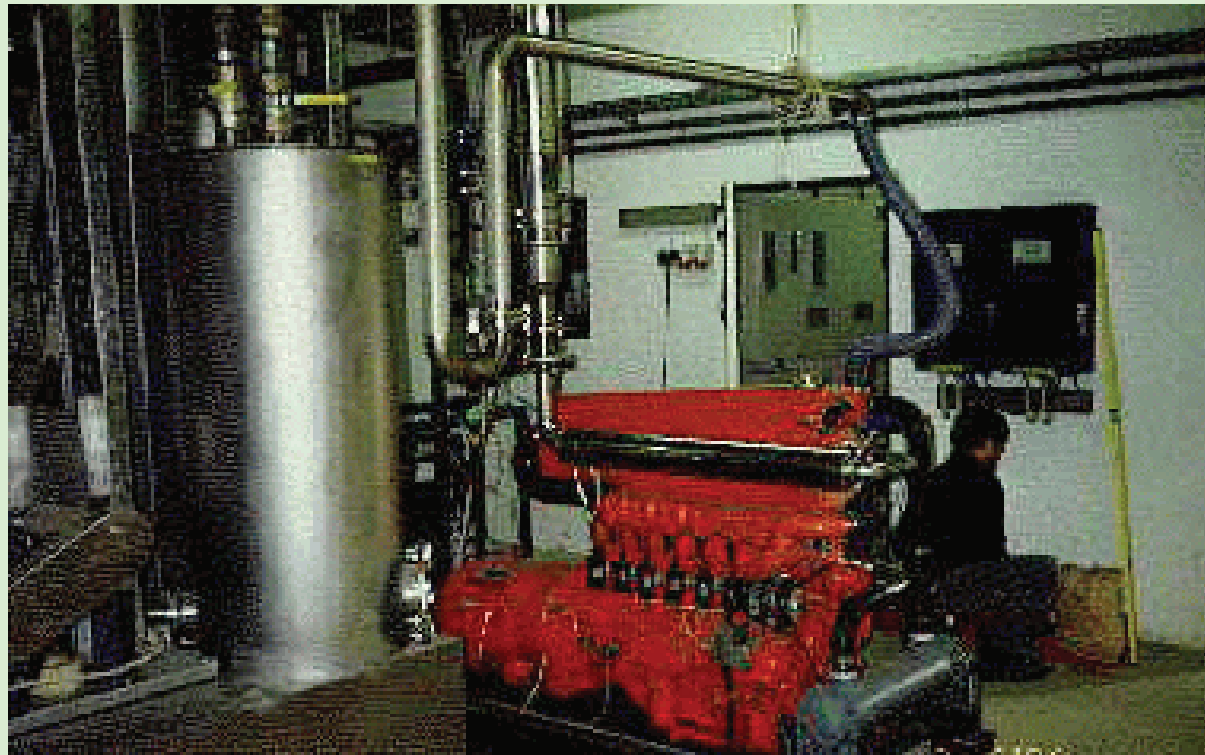
La energía de la biomasa

- Dos variantes principales



PIRÓLISIS

Descomposición de la biomasa por la acción del calor en ausencia de oxígeno; la naturaleza y la composición de los productos finales dependen de las propiedades de la biomasa tratada, de la temperatura y presión de operación y de los tiempos de permanencia del material en el horno

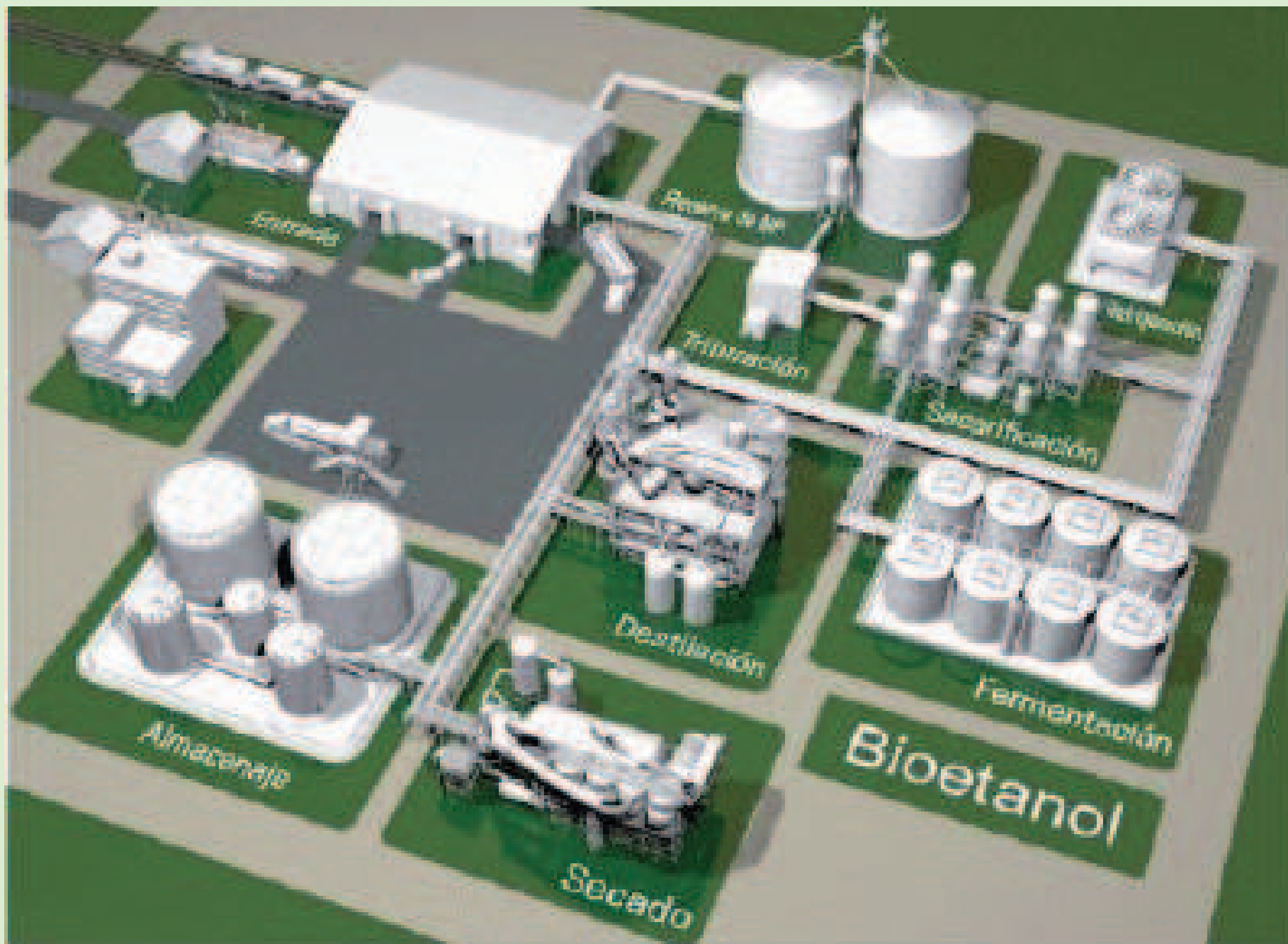


FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

Obtención de alcohol por fermentación de los hidratos de carbono simples (azúcares) o complejos (almidón o celulosa) productos del almacenamiento en las plantas de la energía solar captada

- Etapas de la fermentación según la biomasa de partida:
 - Fermentación alcohólica: conversión de los azúcares en etanol por la acción de levaduras durante 2 a 3 días bajo condiciones controladas
 - Temperatura: 27 - 32 °C
 - Acidez: pH entre 4 y 5
 - Separación y purificación del etanol: destilación de la masa fermentada para obtener etanol comercial del 96% o destilación adicional con un disolvente para obtener etanol absoluto (99,5%)

La energía de la biomasa



La energía de la biomasa

- Propiedades combustibles del bioetanol comparadas con la gasolina:
 - Poder calorífico menor: menor potencia y mayor consumo
 - Calidad antidetonante mayor (mayor índice de octano): mayor aceleración y velocidad punta
 - Calor de vaporización mayor: dificultades en el arranque pero mayor rendimiento
 - Punto de ebullición constante: problemas de arranque
- Modificaciones de un motor de gasolina para trabajar con etanol:
 - Aumento de la relación de compresión
 - Recalibrado del carburador
 - Calentamiento del aire de entrada al carburador
 - Modificación del sistema de encendido
 - Uso de bujías especiales

DIGESTIÓN ANAEROBIA

Fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases (metano y dióxido de carbono), conocida como "biogás" y a una suspensión acuosa o "lodo" que contiene los componentes difíciles de degradar y los minerales presentes en la biomasa. La materia prima preferentemente utilizada es la biomasa residual con alto contenido en humedad, especialmente los residuos ganaderos y los lodos de depuradora de aguas residuales urbanas

La energía de la biomasa

- Aplicaciones del biogás:
 - Fuente de calor (cocina, alumbrado)
 - Combustible de motores acoplados a generadores eléctricos
- Aplicaciones del lodo:
 - Fertilización de suelos



LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

EL FENÓMENO GEOTÉRMICO

EL DESARROLLO GEOTÉRMICO MUNDIAL

EL SISTEMA GEOTÉRMICO

EXPLOTACIÓN DE YACIMIENTOS GEOTÉRMICOS

EL FENÓMENO GEOTÉRMICO

Geotermia: fenómeno referido al calor almacenado en el interior de la Tierra

Energía geotérmica: energía derivada del calor almacenado en el interior de la Tierra que se produce de forma continua por la desintegración de los materiales radiactivos que existen en muy pequeñas proporciones en las rocas naturales

Gradiente geotérmico: variación de la temperatura con la profundidad
valor normal: $30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$; las anomalías geotérmicas (hasta $200\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$)
permiten extraer el calor

Manifestaciones superficiales: alteraciones geotérmicas que pueden indicar su existencia:

- Volcanismo reciente
- Zonas de alteración hidrotermal
- Emanaciones gaseosas
- Fuentes termales y minerales
- Anomalías térmicas

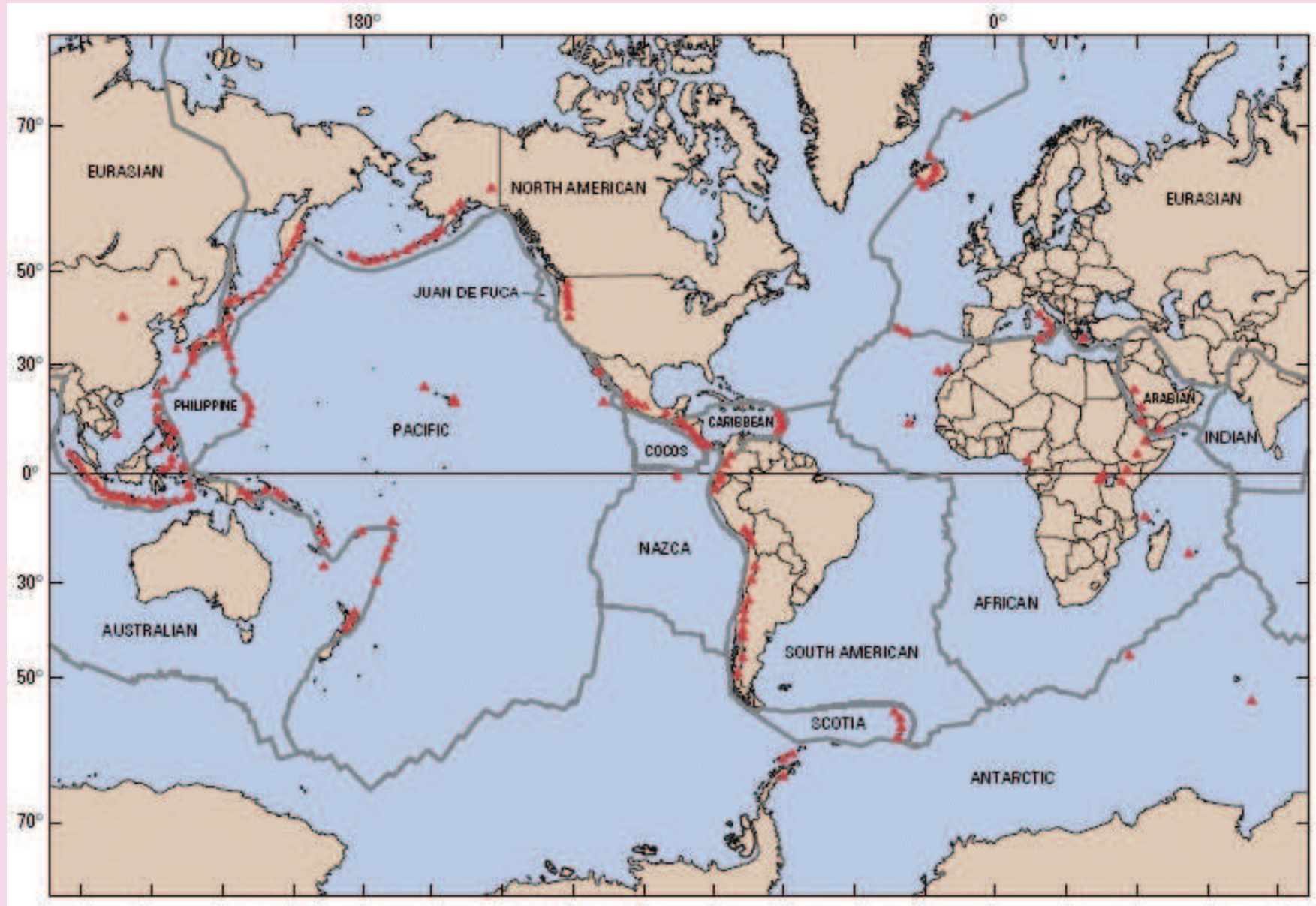
EL DESARROLLO GEOTÉRMICO MUNDIAL

Aguas termales desde la época de los romanos

Siglo XX: usos más sofisticados de los fluidos geotérmicos:

- Larderello (Italia), 1911: electricidad y productos químicos
- Islandia, 1925: agua caliente para calefacción (mayor del mundo)
- Otros países: Nueva Zelanda, México, El Salvador, California (EE.UU.)

La energía geotérmica



EL SISTEMA GEOTÉRMICO

Condiciones de extracción:

- Zona de elevada temperatura
- Roca porosa capaz de retener agua

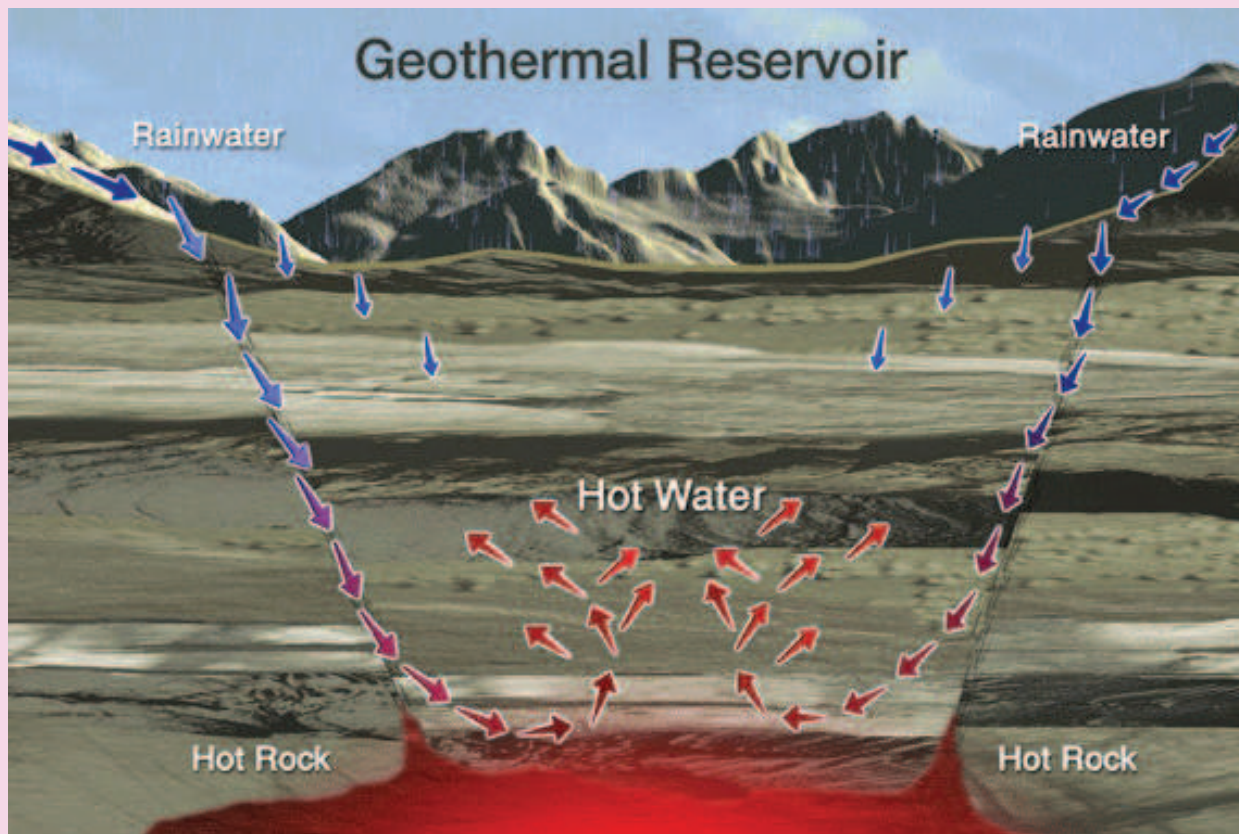
Yacimiento geotérmico: volumen de roca con temperatura anormalmente elevada para la profundidad a que se encuentra, susceptible de ser recorrida por una corriente de agua que pueda absorber calor y transportarlo a la superficie.

La energía geotérmica

Tipos de yacimientos geotérmicos:

- Sistemas hidrotérmicos

- Fuente de calor a poca profundidad sobre la cual se halla un acuífero encerrado entre rocas impermeables; el aporte de agua es meteórico; los sistemas con predominio de vapor son más fácilmente explotables



- Sistemas geopresurizados
 - Acuífero muy profundo soportando gran presión y saturado con gas natural; aún no explotados
- Sistemas de roca seca caliente
 - Rocas impermeables a muy alta temperatura; es necesario aportar agua artificialmente y crear grandes superficies de transmisión de calor (fracturando la roca); en investigación

EXPLOTACIÓN DE YACIMIENTOS GEOTÉRMICOS

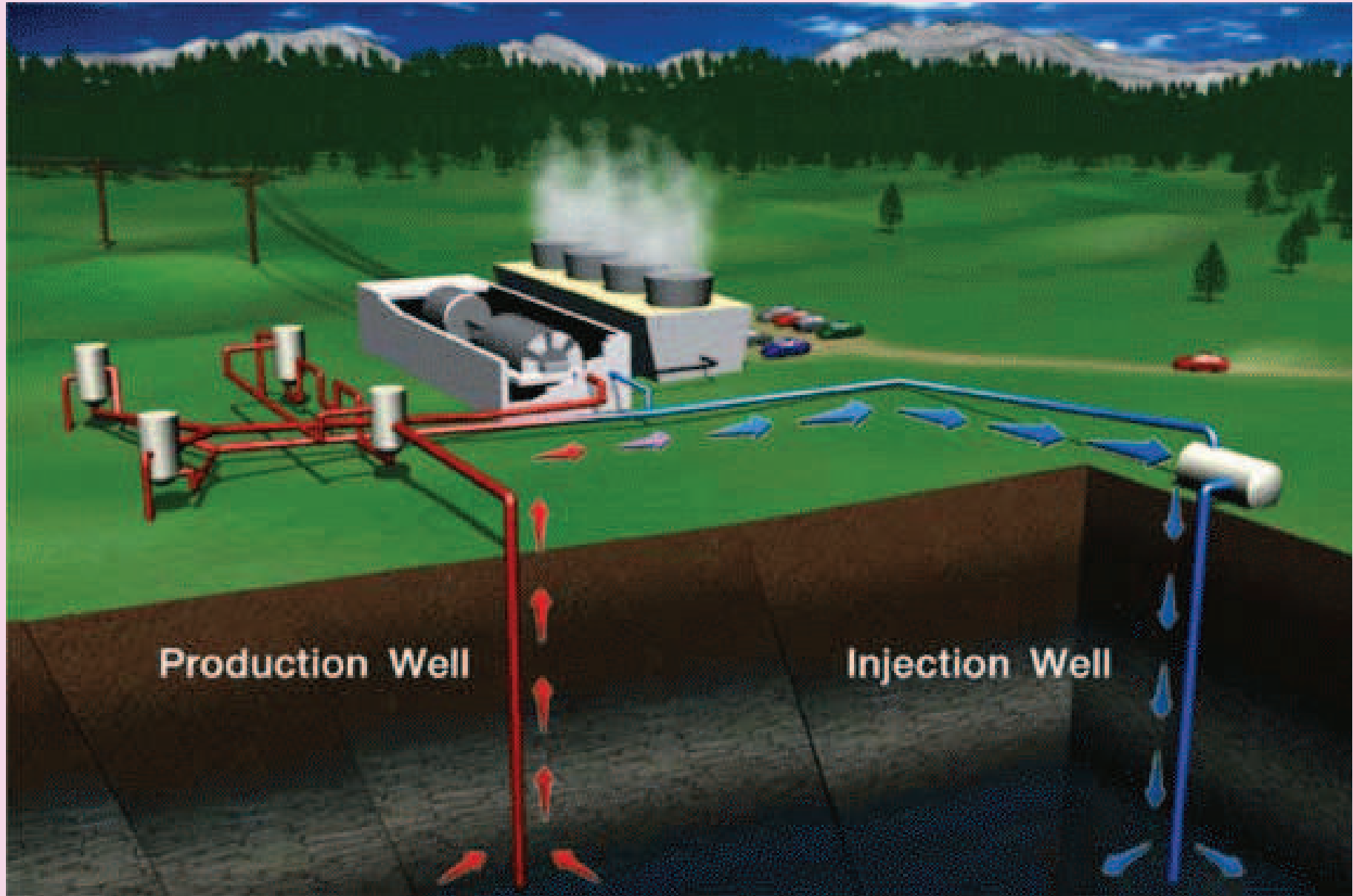
Datos necesarios de un yacimiento:

- Profundidad y espesor del acuífero
- Calidad, caudal y temperatura del fluido
- Permeabilidad y porosidad de las rocas

Tipos de yacimientos según su temperatura:

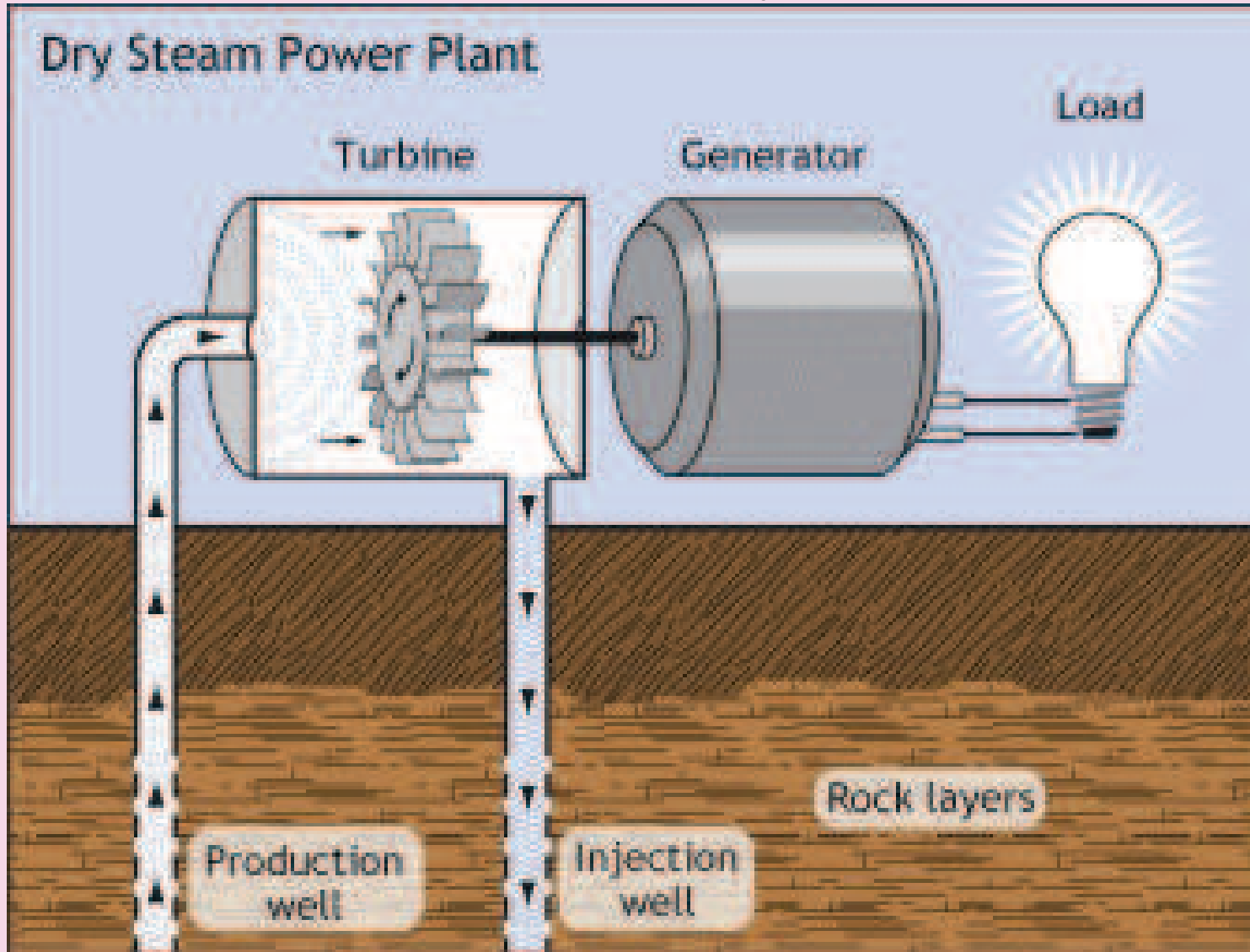
- Alta temperatura, mayor de 150 °C; obtención de electricidad
- Baja temperatura, menor de 150 °C; aprovechamiento del calor

La energía geotérmica



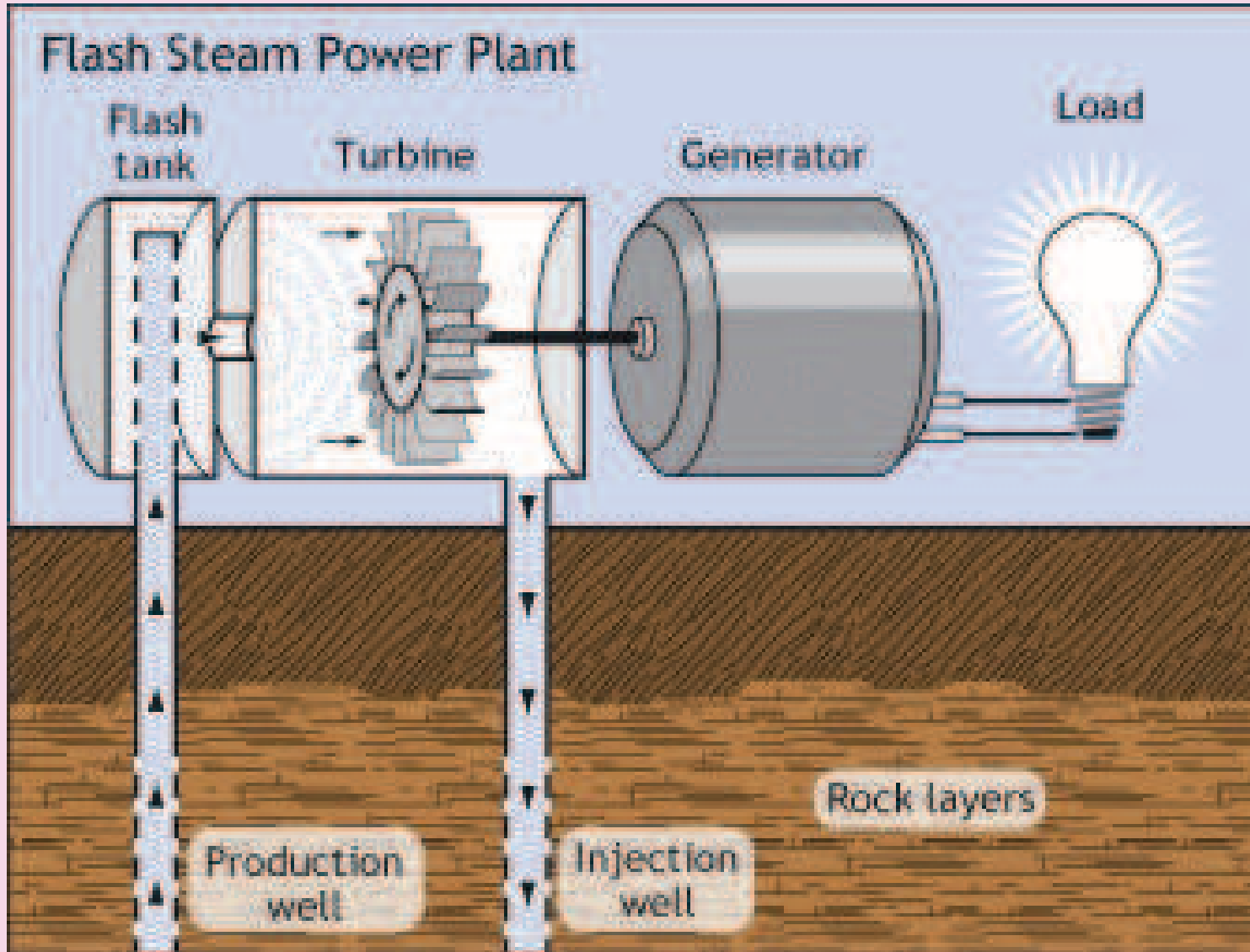
La energía geotérmica

- Conversión directa: sólo utilizable para yacimientos de vapor seco



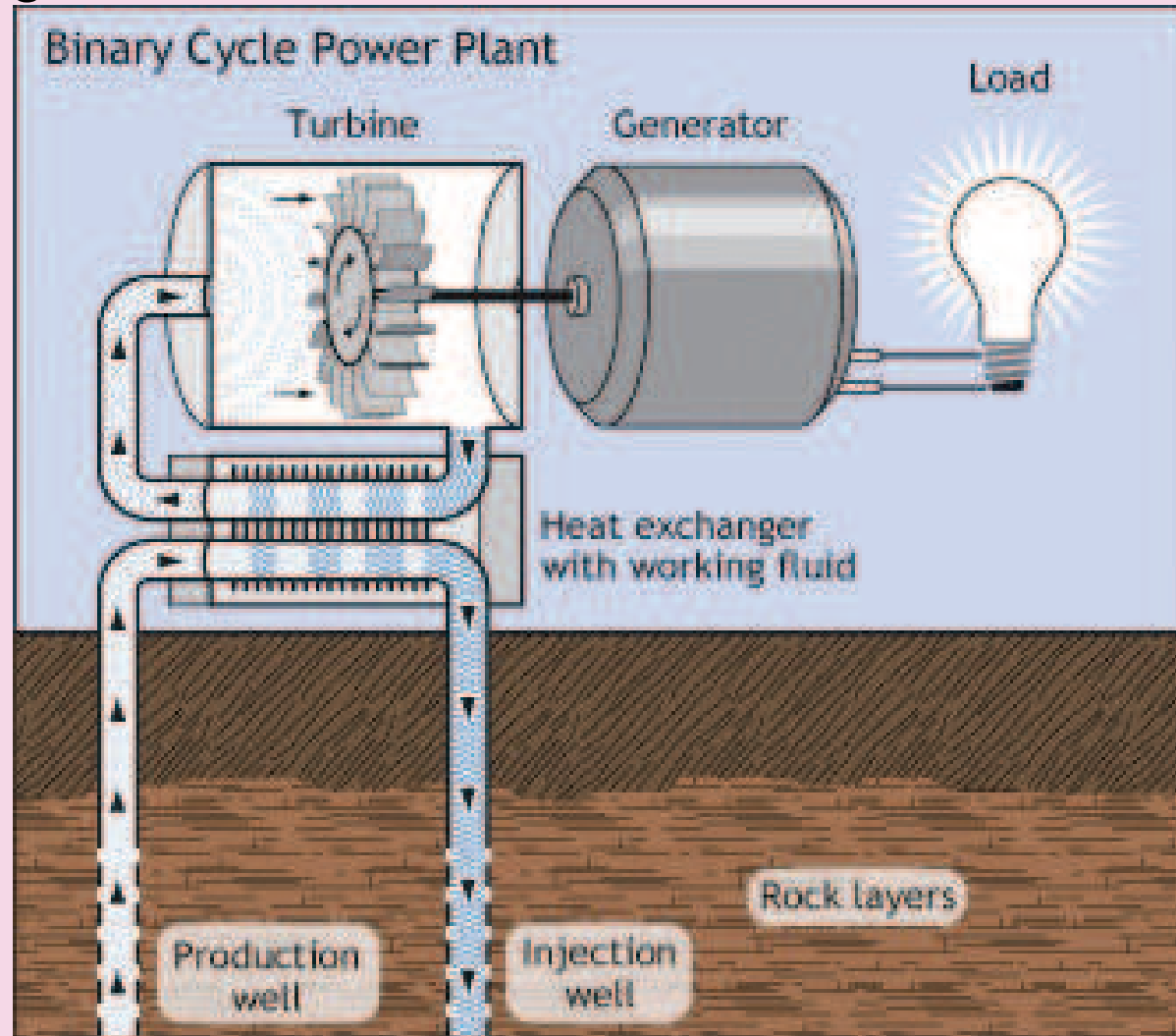
La energía geotérmica

- Expansión súbita o "flash": utilizada en yacimientos con predominio de la fase líquida, puede ser también de dos etapas de expansión



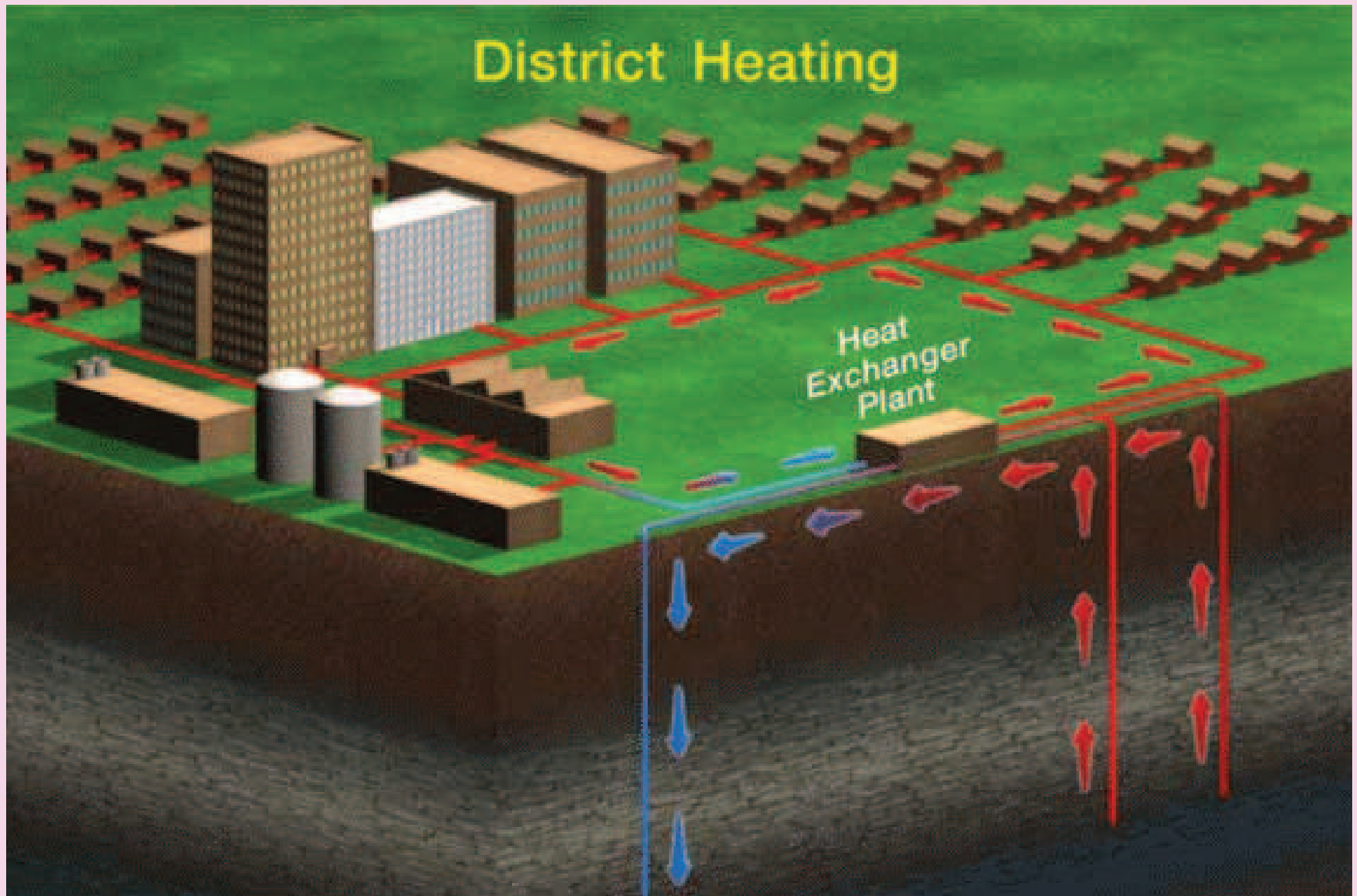
La energía geotérmica

- Proceso de ciclo binario: utiliza en la turbina un fluido secundario calentado por el fluido geotérmico y se aplica a yacimientos con agua conteniendo gran cantidad de sales



Aplicaciones del agua caliente geotérmica:

- Calefacción urbana
- Calefacción industrial
- Calefacción agrícola



LA ENERGÍA HIDRÁULICA

EL AGUA Y SU ENERGÍA

EMPLAZAMIENTO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS

SISTEMAS CAPTADORES DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA

UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA

EL AGUA Y SU ENERGÍA

Energía hidráulica (energía del agua):
energía transformada durante el ciclo hidrológico

- Evaporación
- Precipitación
- Disipación de energía por cambio de nivel

Energía de una corriente de agua:

- **Potencial**, debida a su elevación
 - Permite aprovechar pequeños caudales con grandes desniveles
- **Cinética**, debida a su velocidad
 - Permite aprovechar grandes caudales con pequeños desniveles

Ventajas de la energía hidráulica:

- No contaminante
- Rendimientos de transformación muy altos (>80%)
- Obtención directa de energía mecánica (sin etapa calorífica)
- Aprovechable con dispositivos de cualquier tamaño

EMPLAZAMIENTO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS

Datos de diseño:

- Caudal de agua (datos pluviométricos)
- Desnivel aprovechable (necesidad de embalses y/o conducciones)

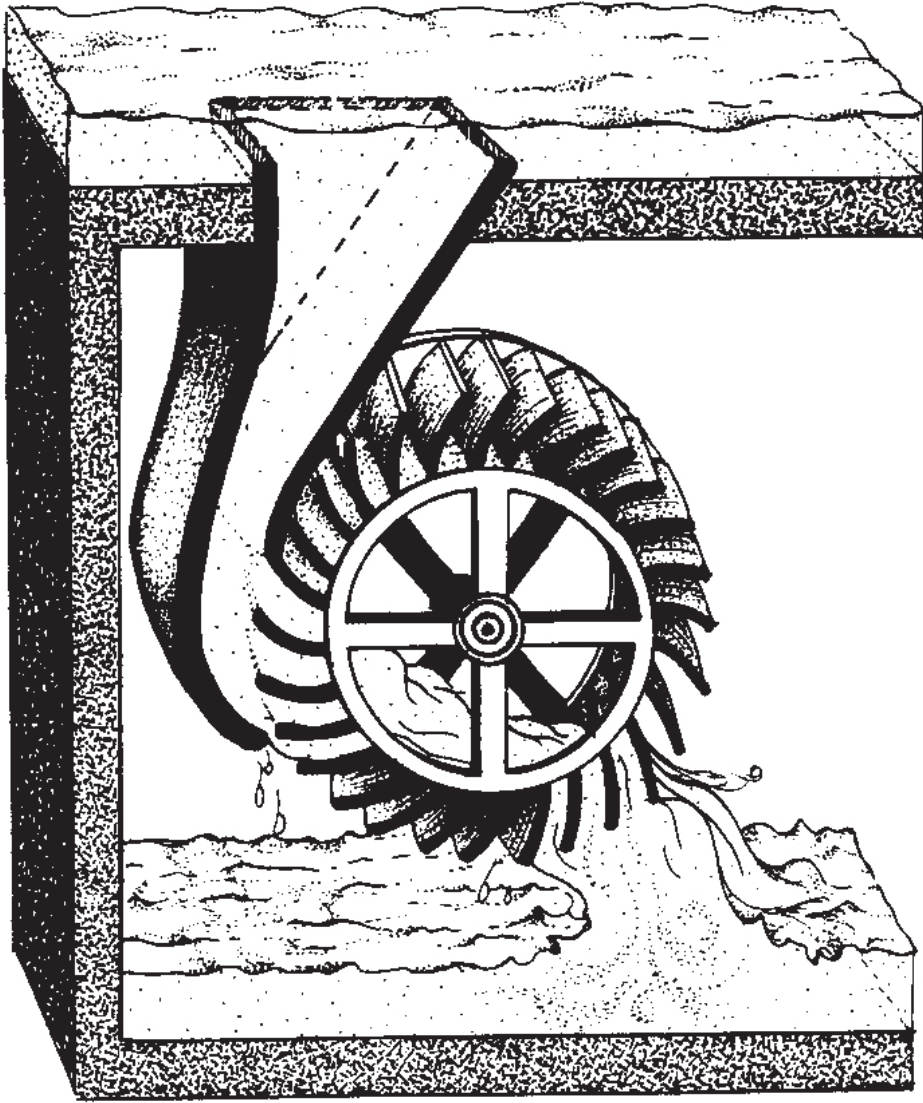
Sistemas auxiliares:

- Diques: contruidos en hormigón, suelen usarse la "presa de arco" o la "presa de cúpula"
- Tubos: conducciones cerradas que permiten transportar el agua bajo presión en un amplio rango de condiciones

SISTEMAS CAPTADORES DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA

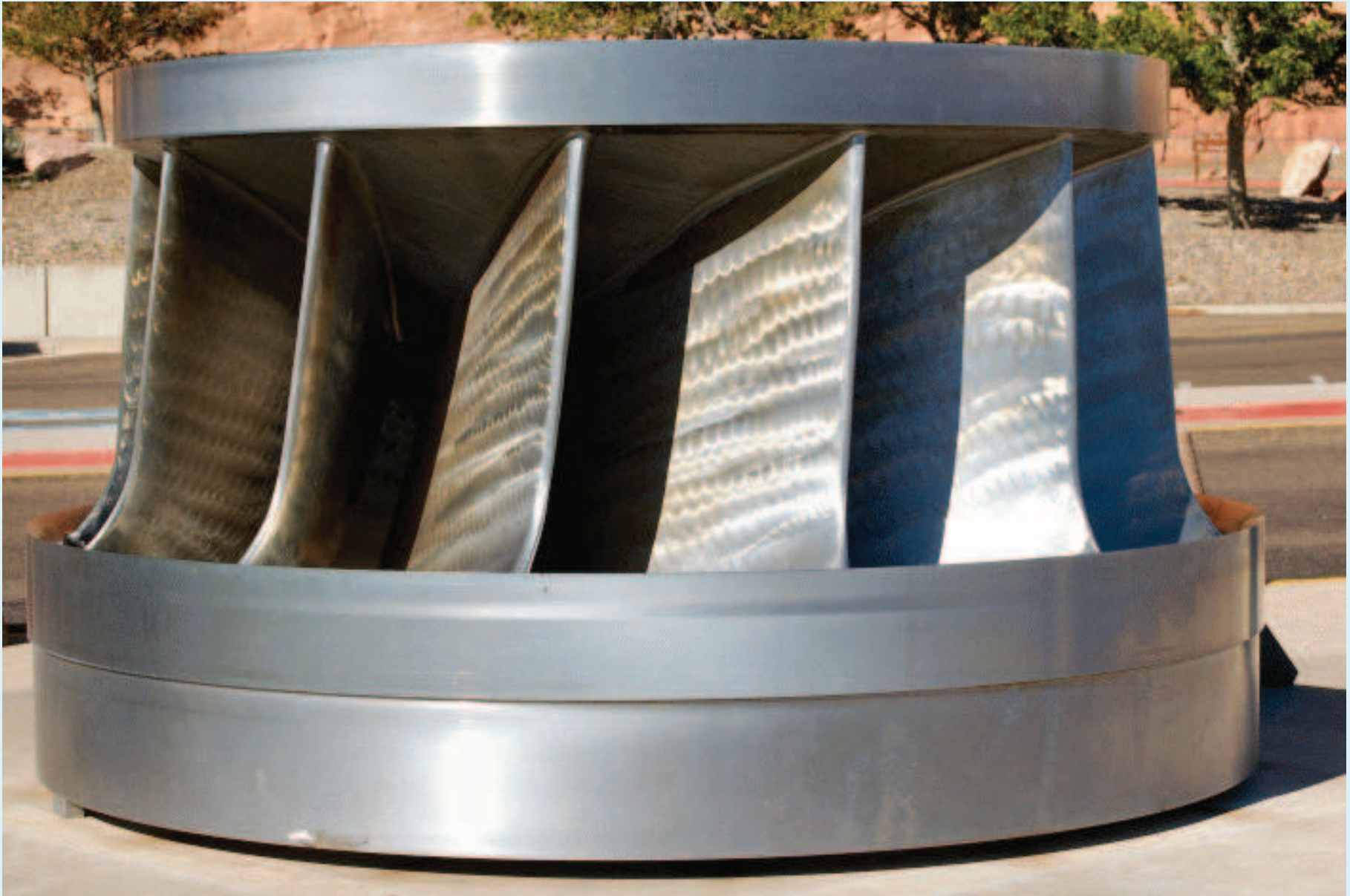
- Ruedas hidráulicas (turbinas de impulsión):
 - Energía mecánica
 - Bajas velocidades de rotación (< 1.000 rpm)
 - "Turbina" **Pelton**: (90%); $h > 25$ m
 - "Turbina" **Michell**: (80%) $h < 30$ m

La energía hidráulica

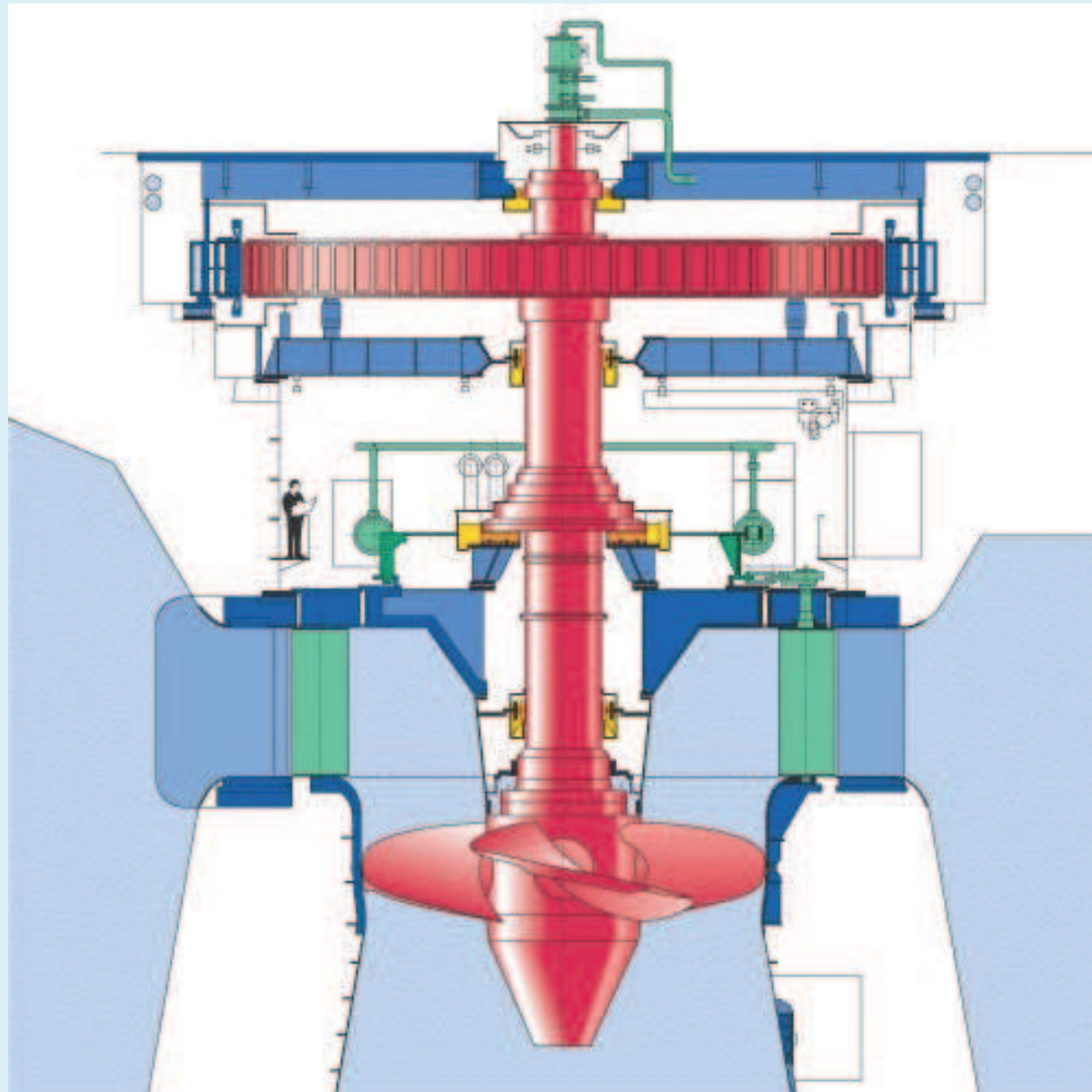


- Turbinas (de reacción):
 - Sumergidas en el agua
 - Paletas en forma de hélice
 - Rendimientos (95%) y velocidades (> 1.000 rpm) muy elevados
 - **Francis** (90%)
 - **Kaplan** (95%)

La energía hidráulica



La energía hidráulica



UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA

Generación de electricidad:

- Inicialmente grandes centrales hidroeléctricas
- Actualmente "microcentrales" hidroeléctricas
 - Modernas turbinas
 - Bombas centrífugas invertidas

La energía hidráulica

Almacenamiento por bombeo:

- Centrales hidroeléctricas reversibles: turbinado/bombeo
- Adaptación de la producción a la demanda de forma casi instantánea
- Aprovechamiento de los excedentes en horas valle
- Consumo: por cada kW.h hidráulico se consumen hasta 1,5 kW.h para el bombeo

Ventajas:

- Son las únicas que permiten absorber energía sobrante
- Convierten energía sobrante de horas valle en energía de horas punta con el consiguiente aumento en la calidad de la energía
- Permiten garantizar la potencia, independientemente de los caudales naturales

LAS ENERGÍAS MARINAS

FUENTES ENERGÉTICAS DE ORIGEN MARINO

LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

CENTRALES MAREOMOTRICES

REALIDADES DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

LA ENERGÍA MAREMOTÉRMICA

CENTRALES MAREMOTÉRMICAS

POSIBILIDADES DE LA ENERGÍA MAREMOTÉRMICA

LA ENERGÍA DE LAS OLAS

CONVERTIDORES DE OLAS

FUENTES ENERGÉTICAS DE ORIGEN MARINO

Fuentes energéticas marinas más representativas:

- Mareas
- Gradientes térmicos
- Olas

LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

Marea: movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso de las aguas del mar, producido por las acciones gravitatorias del Sol y de la Luna, pero también influenciado por factores terrestres

Amplitud de la marea: diferencia entre los niveles más alto y más bajo (hasta 15 m)

Margen de la marea: variación periódica de las pleamares y bajamares

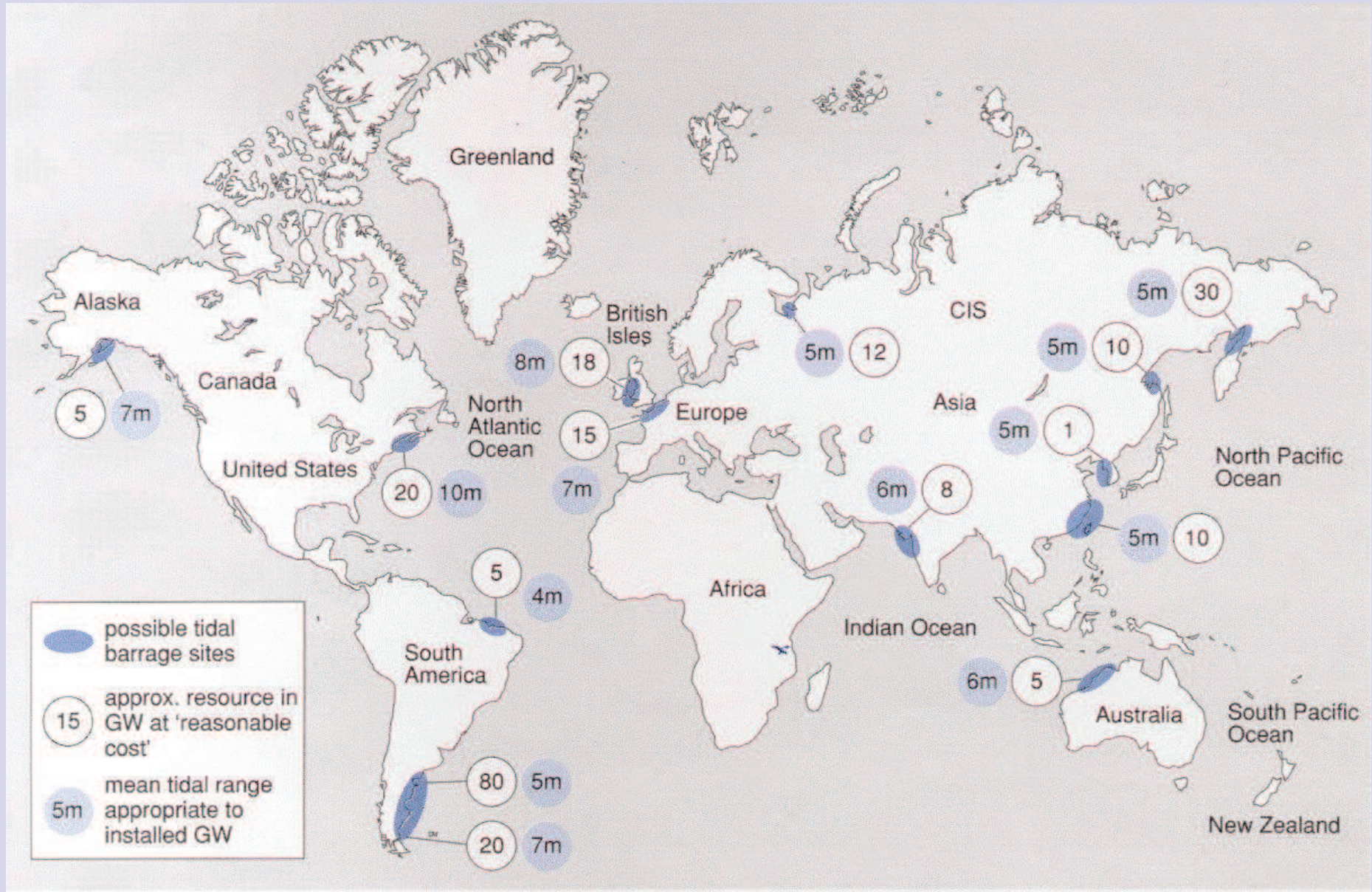
Utilización de la energía de las mareas (mareomotriz):

Separar un estuario del mar libre mediante un dique y aprovechar la diferencia de nivel mar-estuario

Historia:

- Molinos de marea egipcios
- Centrales mareomotrices inglesas (siglo XIII)
- Centrales mareomotrices francesas y norteamericanas (siglo XVIII)
- Primeros estudios científicos en 1920 (Francia, Canadá, y EE.UU)
- Primeras centrales eléctricas en Francia (1966) y la URSS (1968)

Las energías marinas



CENTRALES MAREOMOTRICES

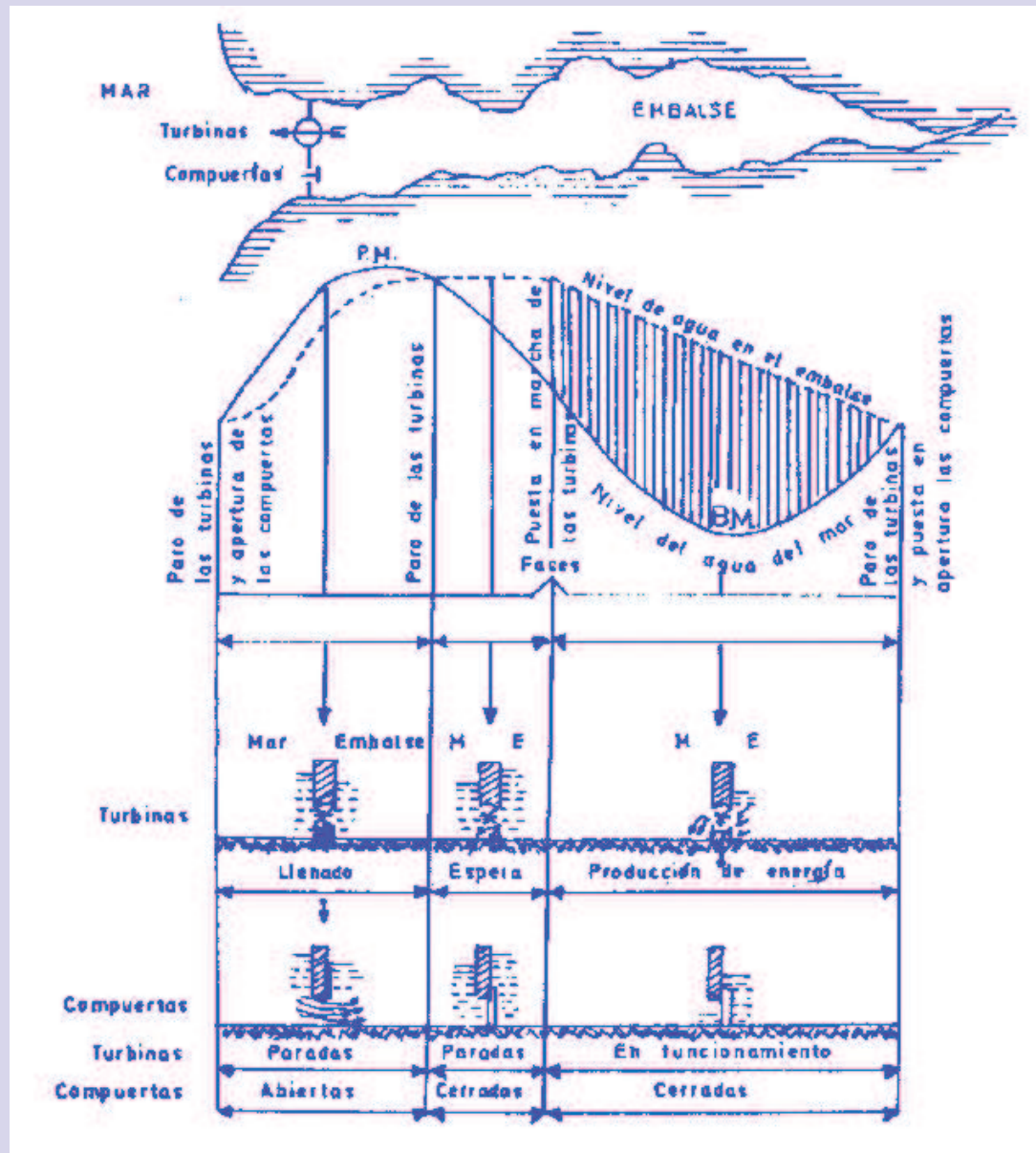
Elementos:

- Embalse artificial (altura > 5 m; mínimo económico, 12 m)
- Turbinas hidráulicas y generadores eléctricos

Funcionamiento básico: Ciclo elemental de efecto simple

- Llenado durante la marea ascendente, pasando el agua al embalse a través de compuertas
- Espera mientras baja la marea; el nivel del embalse no varía al estar las compuertas cerradas
- Producción de energía mediante las turbinas, como consecuencia de la altura de caída del agua

Las energías marinas



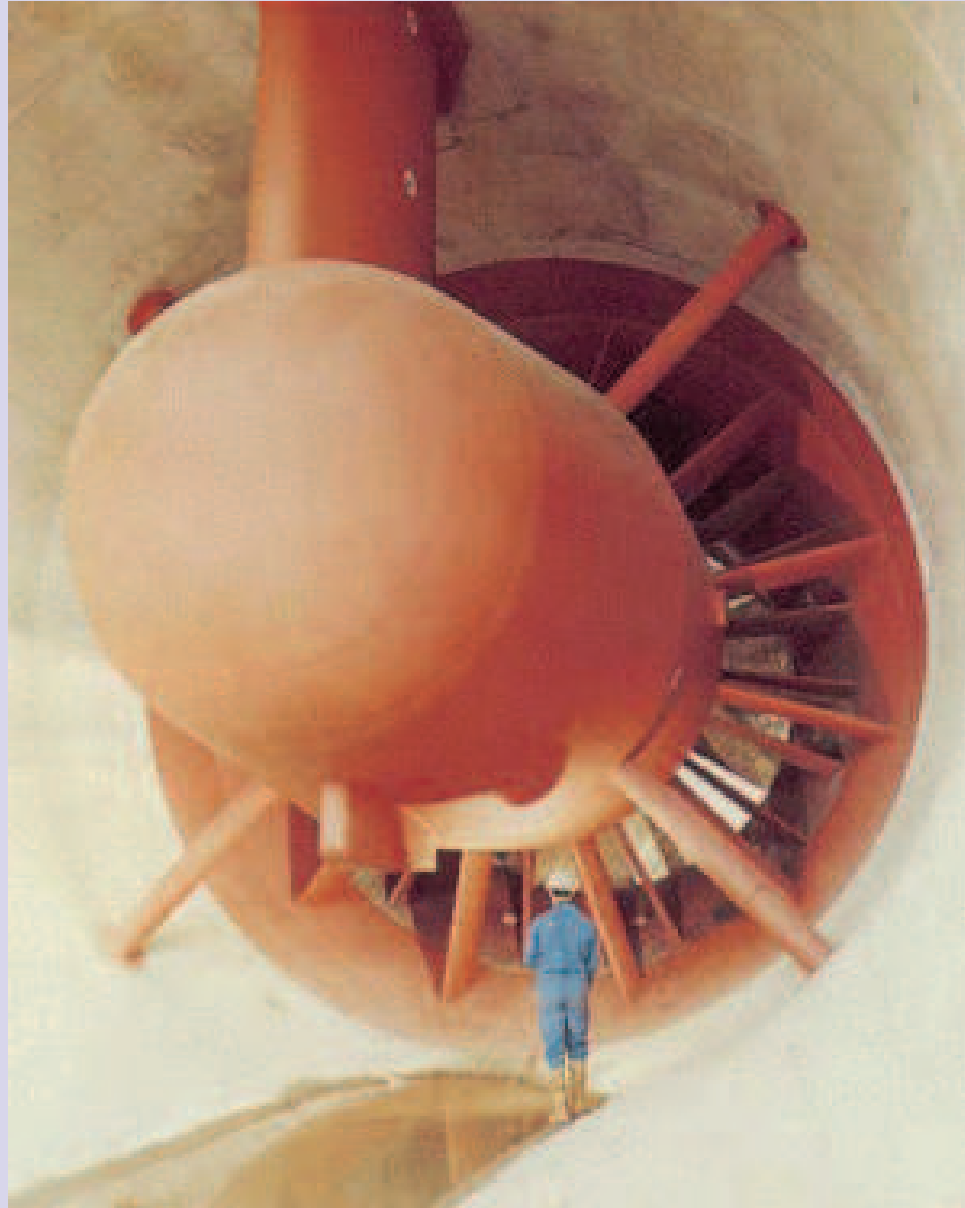
Esquemas de mejora (continuidad de la producción):

- Ciclo elemental de doble efecto (llenado/vaciado)
- Ciclos múltiples (varios embalses)
- Almacenamiento por bombeo

Turbinas especiales:

- Bulbo axial: rotores de 7,5 m de diámetro y potencias de hasta 60 MW
- Tipo tubo (Kaplan modificada)
- Rotor anular

Las energías marinas



REALIDADES DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ

- Central del estuario del Rance: funciona desde 1967 con un dique de 600 m, operando con mareas de hasta 13,5 m; tiene 24 turbinas bulbo de 10 MW cada una y 6 compuertas



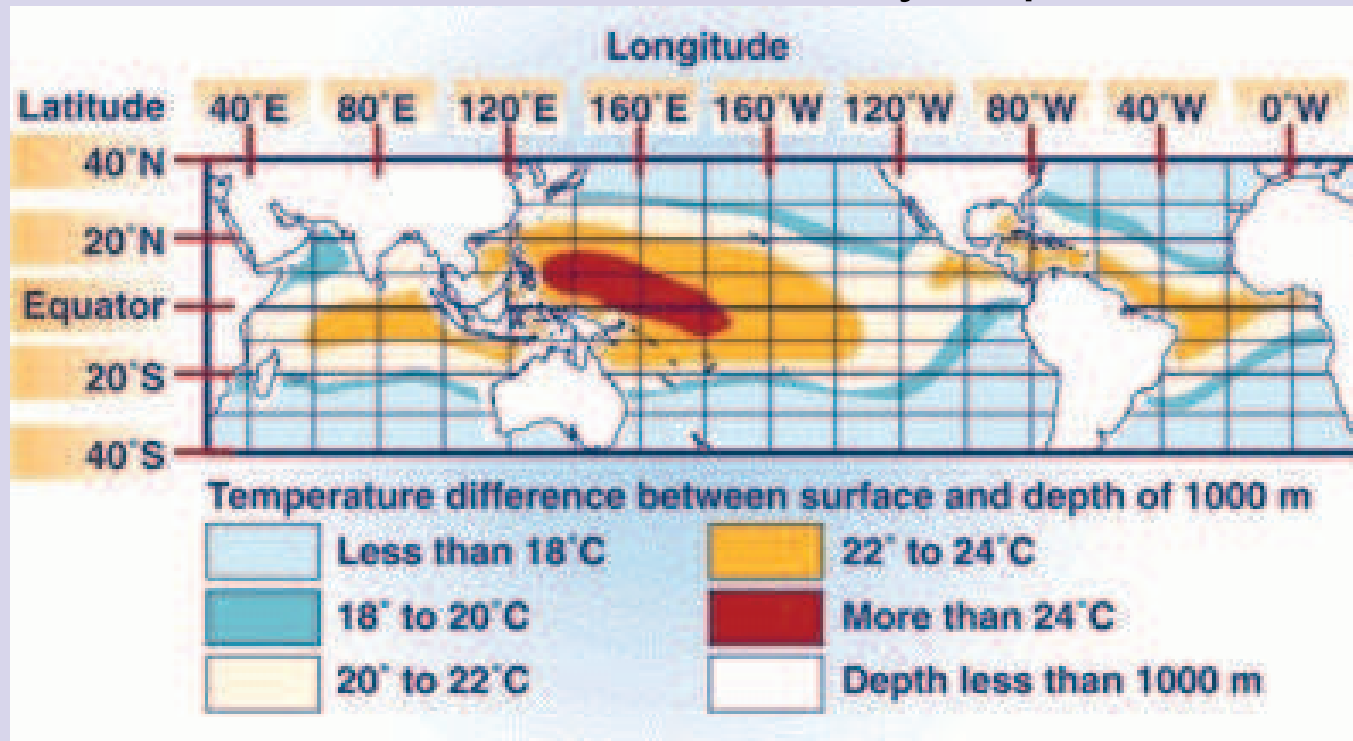
Las energías marinas

- Central de la bahía de Kislaya: situada en la península de Kola (Mar de Barents; Rusia) fue puesta en servicio en 1968 con 0,5 MW; en 2006 se añadieron nuevas turbinas experimentales de 1,2 MW
- Central del río Annapolis en la bahía de Fundy: en la costa oriental de Norteamérica, fronteriza entre EE.UU. y Canadá existen amplitudes de marea de hasta 20 m; se puso en funcionamiento en 1984 y produce 18 MW
- Proyectos del estuario del Severn: cerca de Bristol (Gran Bretaña) existen mareas de más de 16 m de amplitud, que se está pensando aprovechar desde 1977, aunque las condiciones económicas lo han impedido hasta ahora

LA ENERGÍA MAREMOTÉRMICA

Concepto: gradiente de temperatura entre superficie ($> 18\text{ }^{\circ}\text{C}$) y fondo (1.000 m y $4\text{ }^{\circ}\text{C}$) de gran potencial pero bajo rendimiento de conversión (2%)

Zonas terrestres favorables: ecuatoriales y tropicales



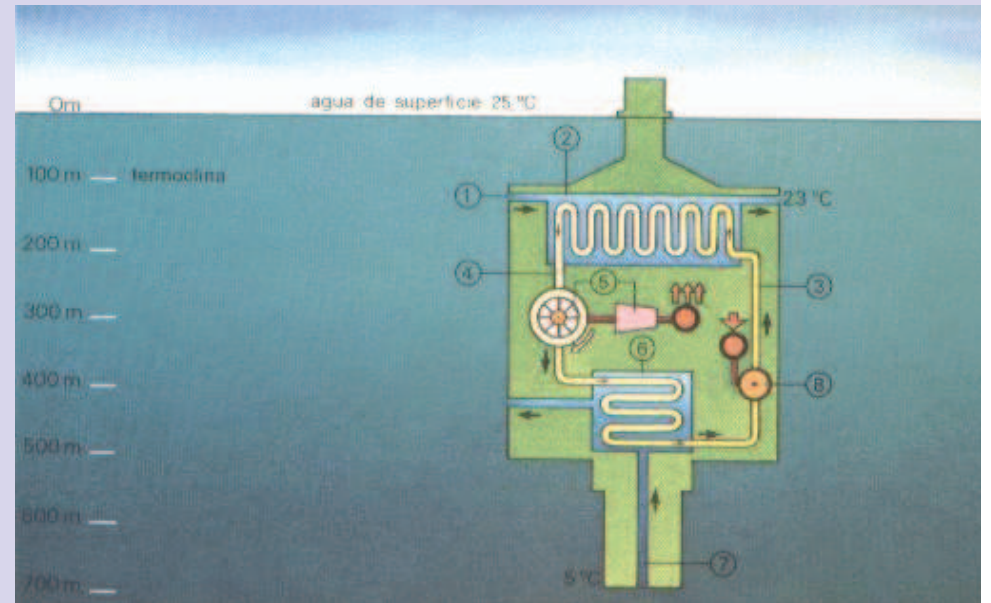
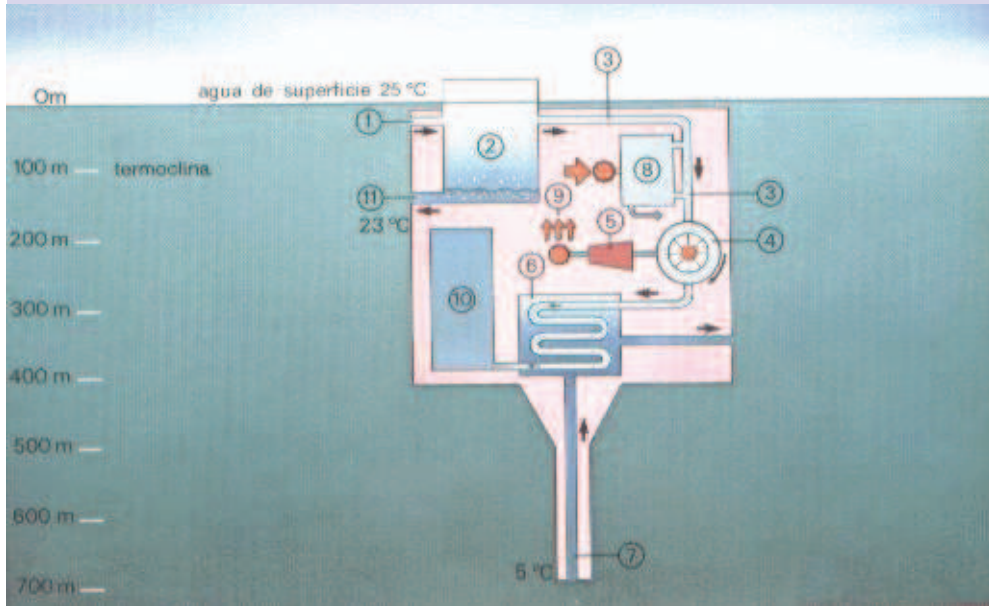
CENTRALES MAREMOTÉRMICAS

Definición: sistema capaz de aprovechar los gradientes térmicos oceánicos para producir energía eléctrica; máquina térmica en la que el agua superficial actúa como fuente de calor, mientras que el agua extraída de las profundidades actúa como refrigerante

Ciclos termodinámicos:

- Abierto: el fluido de operación es la misma agua cálida de la superficie de mar
- Cerrado: se utiliza un fluido de trabajo de bajo punto de ebullición (como el amoníaco o el propano)

Las energías marinas



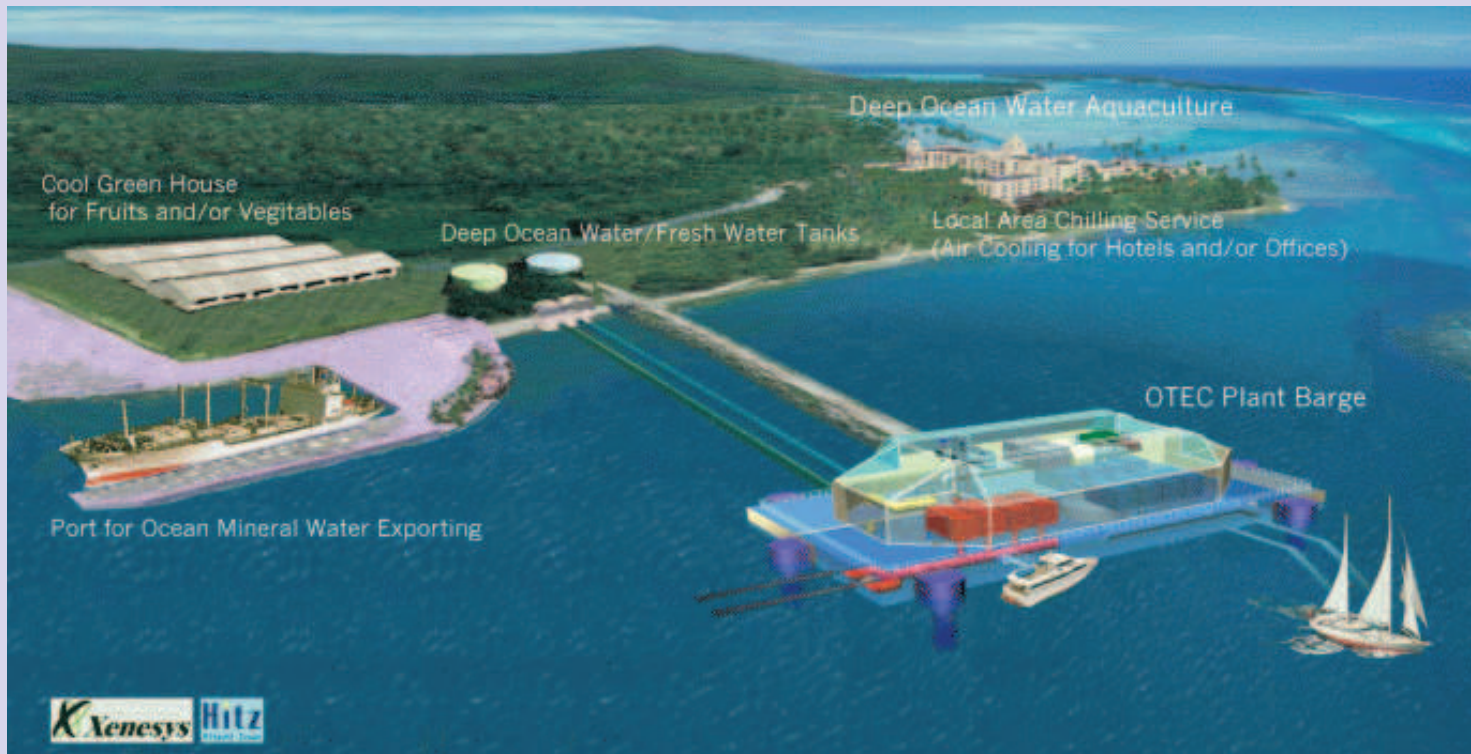
Componentes de una central maremotérmica:

- Evaporador
- Turbina
- Condensador
- Tuberías y bombas
- Estructura fija o flotante

Las energías marinas

Aplicaciones:

- Producción de agua potable en los sistemas de ciclo abierto
- Generación de hidrógeno aplicando la energía eléctrica producida, para facilitar el transporte a tierra de la energía
- Acuicultura, utilizando el agua de las profundidades, más rica en nutrientes, para desarrollar diferentes especies marinas



POSIBILIDADES DE LA ENERGÍA MAREMOTÉRMICA

- Claude (1930) construyó la primera central maremotérmica en Cuba, que operó durante 11 días en ciclo abierto, generando 22 kW, hasta que fue destruida por una tempestad
- Societé Energie des Mers completó en 1956 un proyecto de central maremotérmica de 3 MW, para instalar en Costa de Marfil. Nunca se llegó a construir debido a los bajos precios del petróleo de la época

Las energías marinas

- En 1974 se montó en Keahole Point, costa de Kona (Hawaii) una pequeña planta que se ha mantenido como centro de referencia en la investigación en energía maremotérmica



LA ENERGÍA DE LAS OLAS

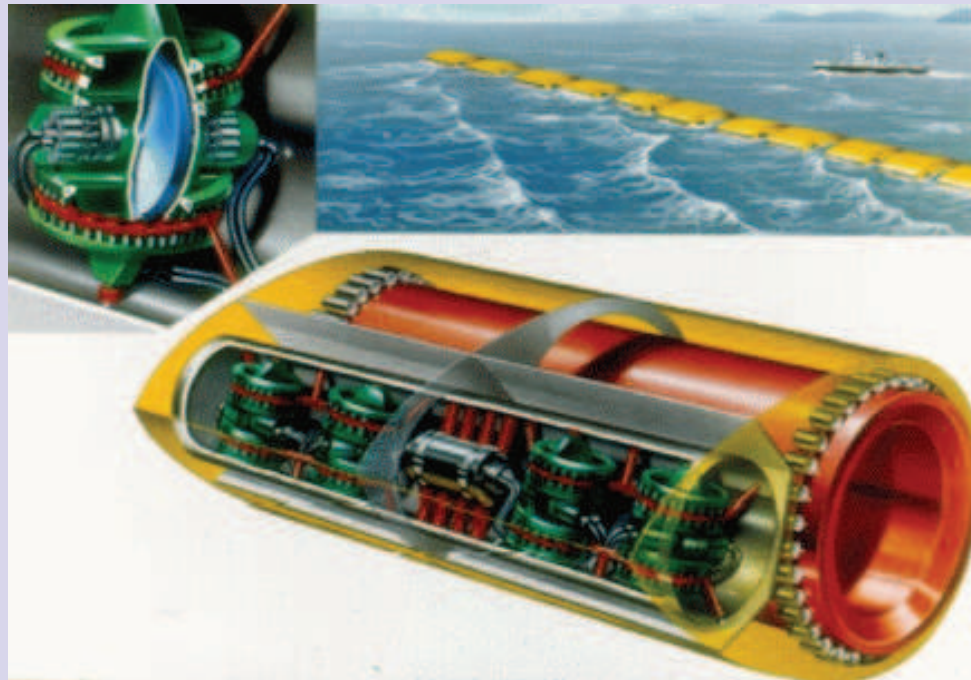
Fuente: vientos marinos producen olas que transportan energía
En zonas favorables: 45 kW/m

Históricamente, los primeros intentos de aprovechar esta fuente de energía se realizaron en 1874, cuando Henning diseñó una embarcación provista de aletas que, con el movimiento de las olas, proporcionaban un movimiento de traslación

Utilización a gran escala solo planteada después de la crisis energética (Gran Bretaña, EE.UU., Japón, etc.)

CONVERTIDORES DE OLAS

- **Totalizadores:** situados perpendicularmente a la dirección de la ola incidente, paralelos al frente de la ola, pretenden captar la energía de una sola vez
 - "Pato" Salter: la ola presiona sobre su parte baja obligándole a levantarse, lo que origina un movimiento de semirrotación



Las energías marinas

- **Atenuadores:** formados por largas estructuras colocadas con su eje mayor paralelo a la dirección de propagación de las olas, pretendiéndose así absorber la energía de la ola de un modo progresivo; captan energía por dos lados
 - Convertidor Pelamis: estructura de secciones cilíndricas unidas por bisagras que activan un sistema hidráulico



Las energías marinas

- **Absorbedores puntuales:** dispositivos capaces de captar no sólo la energía de la porción de la ola directamente incidente, sino también la de un entorno más o menos amplio; suelen ser cuerpos de revolución, por lo que son indiferentes a la dirección de propagación de la ola
 - “Power buoy”: cámara flotante semisumergida con una columna oscilante de agua

