

## TEMA2. COMBUSTIBLES FÓSILES

- I. Fuentes de energía
- II. Fuentes de energía no renovables
- III. Combustibles fósiles
  - III.1. Carbón
    - III.1.1. Origen
    - III.1.2. Yacimientos
    - III.1.3. Aplicaciones
    - III.1.4. Producción mundial
    - III.1.5. Ventajas y desventajas
    - III.1.6. Impacto ambiental
  - III.2. Petróleo
    - III.2.1. Origen
    - III.2.2. Explotación
    - III.2.3. Proceso de transformación
    - III.2.4. Productos. Aplicaciones
    - III.2.5. Producción mundial
    - III.2.6. Impacto ambiental
    - III.2.7. Ventajas y desventajas
  - III.3. Combustibles gaseosos
    - III.3.1. Gas natural
    - III.3.2. Obtención y aplicaciones
    - III.3.3. Producción mundial
    - III.3.4 Gas de esquisto o gas pizarra. Fractura hidráulica horizontal
    - III.3.5. Gases licuados del petróleo
- IV. Centrales térmicas
  - IV.1. Centrales térmicas de ciclo combinado

## I. FUENTES DE ENERGÍA

El mundo moderno se mueve hacia un mayor desarrollo que implica un aumento en la calidad y nivel de vida. En las sociedades industrializadas, el desarrollo está íntimamente ligado a su capacidad energética; por tanto, las fuentes de energía y los métodos de transformación de éstas constituyen un elemento básico en el grado de desarrollo.

La energía que el hombre consume diariamente para desarrollar toda su actividad se obtiene de distintas fuentes de energía, denominando **fuentes de energía** a aquellos recursos o medios naturales capaces de producir algún tipo de energía.

La mayoría de las fuentes de energía, tienen su origen último en el Sol (eólica, solar,...). Únicamente la energía nuclear, la geotérmica y la de las mareas no derivan de él.

Las fuentes de energía se dividen en dos grupos:

- **Renovables:** Son aquellas que utilizan un recurso natural cuya vida no depende del uso que se haga de ella. No se agotan tras la transformación energética
- **No renovables:** Son aquellas que dependen de un recurso natural con vida limitada, de forma que al ritmo de consumo actual pueden acabarse en un periodo de tiempo relativamente corto. Se agotan al transformar su energía en energía útil

RENOVABLES	NO RENOVABLES
Solar (térmica y fotovoltaica)	Combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural)
Eólica	Nuclear (uranio)
Océanos (mareas, mareomotriz, olas)	
Hidráulica	
Biomasa	
Geotérmica (puede considerarse dentro de las no renovables)	

## II. FUENTES DE ENERGÍA NO RENOVABLES.

La energía fósil se obtiene a partir de la combustión de ciertas sustancias que proceden de restos vegetales y otros organismos vivos (como plancton) que hace millones de años fueron sepultados por efecto de grandes cataclismos o fenómenos naturales y por la acción de microorganismos, bajo ciertas condiciones de presión y temperatura.

A los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) que actualmente se utilizan hay que añadir los esquistos bituminosos y las arenas alquitranadas, cuyo estudio se ha iniciado hace pocos años.

Así tenemos:

- **Carbón mineral.** El carbón mineral es principalmente carbono que se encuentra en grandes yacimientos en el subsuelo.
- **Petróleo y sus derivados.** Es una mezcla de una gran variedad de hidrocarburos (compuestos de carbono e hidrógeno) en fase líquida, mezclados con diversas impurezas. Se obtienen de él diversos combustibles y subproductos.
- **Gas natural.** El gas natural está compuesto principalmente por metano y corresponde a la fracción más ligera de los hidrocarburos, por lo que se encuentra en los yacimientos en forma gaseosa.
- **Arenas alquitranadas y esquistos bituminosos:** Formados por arenas (arcillas) que contienen restos de materia orgánica (petróleo)

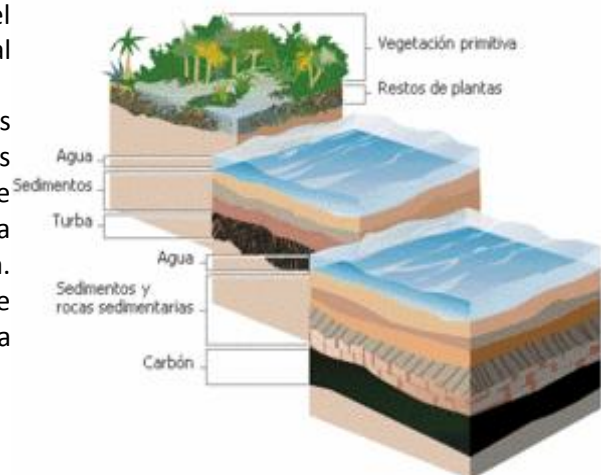
La **energía nuclear**, es aquella que se libera como resultado de una reacción nuclear. Se puede obtener por fisión nuclear (división de núcleos atómicos pesados) o bien por fusión nuclear (unión de núcleos atómicos).

## III. COMBUSTIBLES FOSILES

### III.1. EL CARBÓN

El primer combustible fósil que ha utilizado el hombre es el carbón. La obtención y generalización del uso del carbón a escala industrial, están ligadas al desarrollo de la máquina de vapor.

Representa cerca del 70% de las reservas energéticas mundiales de combustibles fósiles conocidas actualmente, y es la más utilizada en la producción de electricidad a nivel mundial. En España, sin embargo, la disponibilidad del carbón es limitada y su calidad es baja. Los principales yacimientos (hulla y antracita) se encuentran en Asturias y León. En Canarias no se utiliza como combustible.



#### III.1.1. Origen

Es una sustancia fósil, que se encuentra bajo la superficie terrestre, de origen vegetal, generada como resultado de la descomposición lenta de la materia orgánica de los bosques, acumulada en lugares pantanosos, lagunas y deltas fluviales, principalmente durante el período Carbonífero (desde 345 millones de años hasta 280 millones de años) de la Era Primaria. Estos vegetales enterrados sufrieron un proceso de fermentación en ausencia de oxígeno, debido a la acción conjunta de microorganismos, en condiciones de presión y temperatura adecuadas. A medida que pasaba el tiempo, el carbón aumentaba su contenido en carbono, lo cual incrementa la calidad y poder calorífico del mismo.

Según este criterio duración y condiciones (presión y temperatura) del proceso de carbonización, el carbón se puede clasificar en:

- **Turba:** es el carbón más reciente, constituye la primera etapa en la formación del carbón. Tiene un porcentaje alto de humedad, bajo poder calorífico y poco carbono. Se debe secar antes de su uso. Se encuentra en zonas pantanosas. Es blando, de color marrón, mate, poco denso y en él se observan todavía restos vegetales. Se emplea en calefacción y como producción de abonos. Tiene muy poco interés industrial debido a su bajo poder calorífico.
- **Lignito:** mayor poder calorífico, mayor contenido en carbono y mucha humedad. Se encuentra en minas a cielo abierto y por eso, su uso suele ser rentable. No ha sufrido el proceso de carbonización completo. Tiene aspecto de madera quemada y brillo a trozos. Se emplea en centrales térmicas para la obtención de energía eléctrica y para la obtención de subproductos mediante destilación seca (descomposición por calor).
- **Hulla:** alto poder calorífico y elevado porcentaje de carbono. Carbón duro, totalmente carbonizado. Color negro lustroso. Brillo nacarado a bandas brillantes y mates. Es el de más importancia económica. Se emplea en centrales eléctricas y fundiciones de metales. Por destilación seca se obtiene amoníaco, alquitrán y carbón de coque (muy utilizado en industria: altos hornos).
- **Antracita:** es el carbón más antiguo, pues tiene más de un 90% de carbono, duro y totalmente carbonizado. Muy compacto y brillante. Arde con facilidad y tiene un alto poder calorífico.



La presión y el calor adicional pueden transformar el carbón en **grafito** (estructura interna diferente a la del carbono).

	Humedad %	Carbono %	Hidrógeno %	Oxígeno %	Nitrógeno %	C. Volátiles %	$P_c^1$ kcal/kg.
<b>Turba</b>	70-90	45-60	4-7	20-45	1-3	45-75	5200
<b>Lignito</b>	30-50	60-75	4-6	17-35	1-2	45-60	6500
<b>Hulla</b>	1-20	75-92	4-6	3-20	1-2	11-50	7500
<b>Antracita</b>	1-4	92-95	3-4	2-3	1-2	3-10	8200

A través de una serie de procesos, se obtienen los **carbones artificiales**; los más importantes son el coque y el carbón vegetal.

- **Coque:** Es una sustancia carbonosa, sólida, ligera, negra y lustrosa que se obtiene a partir del carbón —especialmente, de la hulla— por destilación seca. Se obtiene calentando la hulla en ausencia de aire en unos hornos especiales. El resultado es un carbón con un mayor poder calorífico, además de una serie de productos volátiles (gas ciudad, amoníaco, alquitrán), quedando en las paredes del horno un residuo de carbono prácticamente puro, que recibe el nombre de carbón de retorta y que se usa para la fabricación de electrodos. El coque arde sin llama y tiene un gran poder calorífico. Se usa como combustible, y como agente reductor en la producción del hierro en los hornos altos (coque metalúrgico).
- **Carbón vegetal:** se obtiene por destilación seca de la madera. Es muy poroso y por esta razón flota en el agua. Puede usarse como combustible, pero su principal aplicación es como absorbente de gases, por lo que se usa en mascarillas antigás. Actualmente su uso ha descendido.

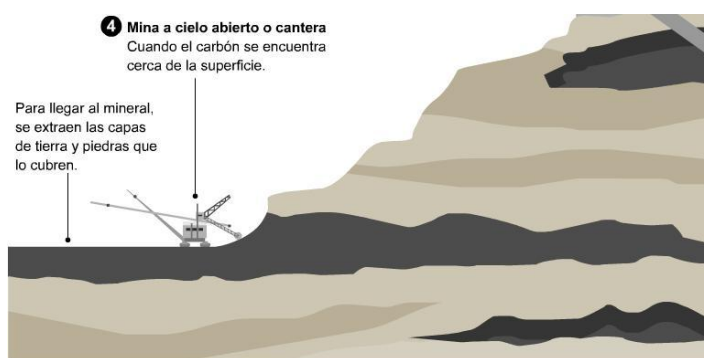
### III.1.2. Yacimientos de carbón:

El carbón se encuentra en yacimientos en forma de vetas. El espesor necesario para que se pueda explotar un yacimiento es de 1.5 a 3 m, ya que los yacimientos de espesor menor a 35 centímetros no son rentables económicamente.

Los yacimientos pueden ser de dos tipos:

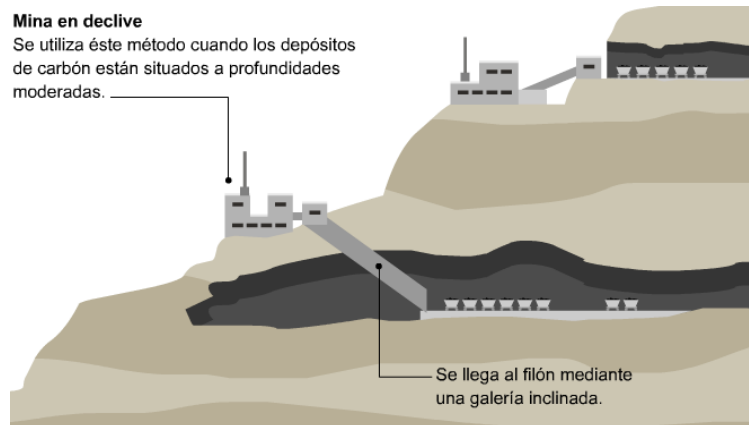
- **A cielo abierto o en superficie:** Se lleva a cabo cuando el yacimiento se encuentra en la superficie o a escasa profundidad. Se retiran, en primer lugar, los materiales que cubren el carbón y se procede luego a su extracción, como si se tratase de una cantera. Una vez terminada la extracción, se recubre de nuevo el terreno con objeto de minimizar el impacto medioambiental.

El carbón obtenido de esta forma es de baja calidad. Por lo tanto, sólo resultará económicamente competitivo cuando su precio sea muy inferior al extraído mediante laboreo subterráneo.



<sup>1</sup> El dato más relevante a la hora de la elección de un tipo de carbón es su potencia calorífica o poder calorífico  $P_c$  que se define como la cantidad de energía que desprende un Kg materia desde que empieza a arder hasta que se enfría a la temperatura ambiente.

- **Laboreo subterráneo.** Se utiliza cuando el carbón se encuentra a gran profundidad. Se perforan pozos hasta llegar a la veta y a continuación se excavan galerías para proceder a la extracción del mineral. La ventilación se realiza por medio de motores, o pozos intercomunicados que eviten posibles acumulaciones de grisú<sup>2</sup>; éste en una proporción mayor del 6% resulta explosivo. Otro problema son las condiciones de trabajo a las que están expuestos los mineros pues, al inhalar partículas de sílice (SiO<sub>2</sub>) del cuarzo cristalizado o amorfo, pueden contraer una enfermedad llamada silicosis.



Una vez limpio, triturado y clasificado, el carbón se traslada hasta los lugares de consumo en trenes, barcos o camiones. Esto encarece sobremanera el producto; por ello, en un principio las industrias que utilizaban carbón tendían a concentrarse en las cuencas carboneras, sobre las que recaía prácticamente todo el impacto medioambiental consecuencia de la explotación.

### III.1.3. Aplicaciones

Las aplicaciones del carbón son varias, siendo las principales:

- Es la mayor fuente de combustible usada para la generación de energía eléctrica.
- Es también indispensable para la producción de hierro y acero; casi el 70 % de la producción de acero proviene de hierro hecho en altos hornos con ayuda del carbón de coque.

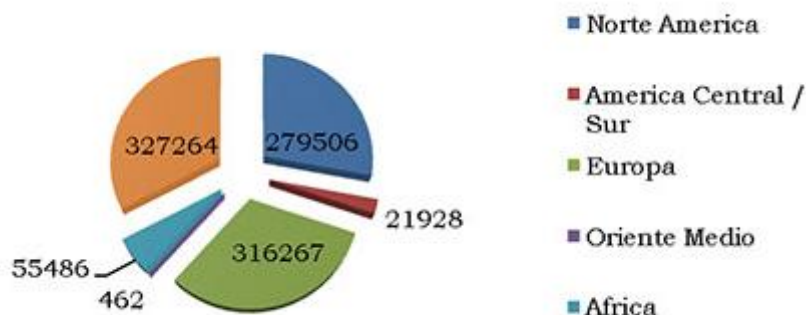
En la siguiente tabla se muestran, además, otras aplicaciones

Materia prima	Forma de uso	Producto	Aplicación
	Directamente	Combustible	Centrales térmicas
		Coque	Altos hornos
Carbón	Destilación	Gas	Cocinas domésticas
		Amoniaco	Fertilizantes
		Brea	Pavimentos
		Carbón de retorta	Electrodos

### III.1.4. Producción mundial de carbón

Su uso comenzó a adquirir importancia hacia la segunda mitad del siglo XVIII, siendo una de las bases de la Revolución Industrial.

<sup>2</sup> Si durante la formación del carbón el yacimiento queda totalmente cubierto, los gases desprendidos, fundamentalmente metano, forman bolsas que pueden permanecer aprisionadas entre el carbón y en contacto con el aire y en presencia de una chispa pueden explotar.

Reservas de carbón (billones de toneladas) Fuente: E day for Energy

Se estima que las reservas de carbón están en torno a 1000 billones de toneladas y su consumo anual es de 2,8 billones de toneladas. Al ritmo actual de consumo se estima queda carbón para más de 200 años.

Los principales países consumidores de carbón son China e India. Actualmente China es el primer importador mundial y se estima que para el 2030 consumirá prácticamente la mitad de la producción mundial.

### III.1.5. Ventajas y desventajas del uso del carbón:

Ventajas	Desventajas
Se obtiene una gran cantidad de energía de forma sencilla, cómoda y regular.	Su extracción es peligrosa en cierto tipo de yacimientos
El carbón se suele consumir cerca de dónde se explota. Se ahorran costes de transporte	Al ser no renovable se agotará en el futuro
Seguro en su transporte, almacenamiento y utilización	Su combustión y extracción genera problemas ambientales. Contribuye al efecto invernadero, la lluvia ácida y alteración de ecosistemas.
	La carestía del transporte obliga a que el consumo de carbón tenga que efectuarse cerca de los lugares de extracción.

### III.1.6. Impacto ambiental

De un modo muy similar a los restantes combustibles fósiles, tanto la explotación como la utilización del carbón dan lugar a serios deterioros medioambientales en el suelo, en las aguas y en la atmósfera.

- Influencia sobre el suelo.** Las explotaciones de carbón a cielo abierto producen un considerable impacto visual y destruyen una gran superficie de suelo. No obstante, estos efectos pueden eliminarse posteriormente mediante una oportuna restauración de los daños causados.
- Influencia sobre el agua.** En las centrales térmicas el vapor de agua se condensa merced a un circuito de refrigeración que recoge agua de un río o del mar y que suele devolver al mismo a elevada temperatura, lo que altera por completo el ecosistema. En efecto, al aumentar la temperatura del agua disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en ella y precisamente esta insuficiencia imposibilita las condiciones de vida animal y vegetal que se desarrolla en el medio

acuático. No obstante, este problema se evita disponiendo un sistema cerrado, con torres de refrigeración, lo que permite que el calor desprendido se pueda aprovechar en pequeñas instalaciones, en especial de tipo agrícola. Por otra parte, el agua empleada en el lavado del carbón en el exterior de las minas arrastra partículas a los ríos y al mar, con la consiguiente contaminación del ecosistema cercano, afectando fundamentalmente a la flora y fauna acuáticas.

- c) **Influencia sobre la atmósfera.** En la combustión del carbón se originan una serie de productos y residuos volátiles que pasan a la atmósfera: dióxido de carbono, vapor de agua, óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{N}_x\text{O}_y$ ), hidrocarburos y partículas sólidas.

Mientras que los dos primeros son característicos de todas las combustiones, los óxidos de azufre y de nitrógeno se producen como consecuencia de las impurezas que acompañan al carbón.

Todos estos gases son la causa de una serie de efectos perjudiciales, entre los que citaremos los siguientes:

- **Efecto invernadero.** Aunque parte del dióxido de carbono producido en la combustión del carbón lo utilizan las plantas en el proceso de fotosíntesis y otra parte se disuelve en el agua de los mares y océanos, el dióxido de carbono restante se acumula en la atmósfera, aumentando su proporción progresivamente en el transcurso de los años. Ahora bien, el dióxido de carbono es diatérmico (transparente al calor) para la radiación solar que llega a la superficie de nuestro planeta y, en cambio, absorbe la radiación infrarroja que reemite la Tierra hacia el espacio. De esta forma se conserva más eficazmente el calor del Sol (*efecto invernadero*) y la temperatura de la atmósfera se eleva proporcionalmente al aumento de  $\text{CO}_2$ , lo que se puede traducir en alteraciones climáticas importantes. Otros gases también responsables del efecto invernadero son: el metano ( $\text{CH}_4$ ), el hemióxido de nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los compuestos clorofluorocarbonados (CFCs).

Acceso a infografía de "Consumer-eroski" sobre [efecto invernadero](#)

- **Lluvia ácida.** Los óxidos de nitrógeno y de azufre —procedentes de las impurezas que acompañan al carbón y que se desprenden en las centrales térmicas, aunque también se originan, en menor medida, en los automóviles y en las calefacciones— reaccionan con el agua de la lluvia formando ácidos nítrico y sulfúrico, que constituyen la llamada *lluvia ácida*, de efectos sumamente perniciosos para la vegetación.

Actualmente, la tecnología ha avanzado lo suficiente como para eliminar estas emisiones casi en su totalidad, pero ello provoca un gran aumento en los costes de producción.



## III.2. EL PETRÓLEO

Es un combustible natural líquido (aceite mineral) constituido por una mezcla de hidrocarburos (mezcla de carbono e hidrógeno) sólidos, líquidos y gaseosos, además de otros compuestos de carbono y agua. Es un líquido negrozco, inflamable, de una densidad que oscila entre 0.8 y 0.95 gr/cm<sup>3</sup>.

La mayor parte del petróleo que existe se formó hace unos 85 – 90 millones de años.

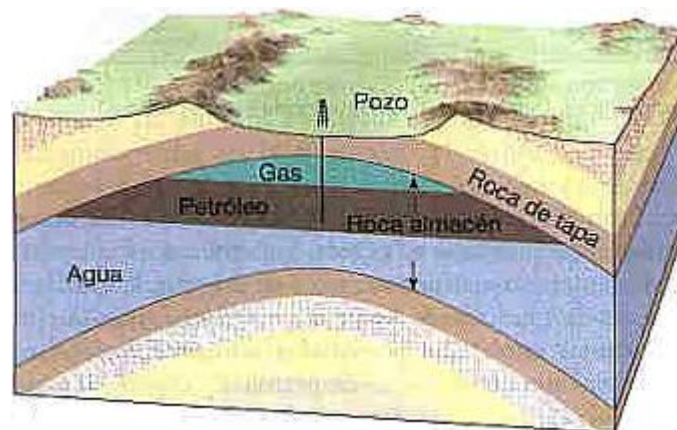
Su composición es muy variable de unos yacimientos a otros.

Su poder calorífico oscila entre las 9000 y 11000 kcal/kg.

### III.2.1. Origen

El petróleo y el gas natural se encuentran en entornos similares y normalmente aparecen juntos. Los dos consisten en diversos compuestos de hidrocarburos (compuestos que contienen hidrógeno y carbono) mezclados entre sí. También pueden contener pequeñas cantidades de otros elementos, como azufre, nitrógeno y oxígeno. Como el carbón, el petróleo y el gas natural son productos biológicos derivados de los restos de organismos. Sin embargo, los entornos en los que se formaron, así como los organismos de los que derivan, son muy diferentes. El carbón se forma fundamentalmente a partir de materia vegetal que se acumuló en un entorno pantanoso por encima del nivel del mar. El petróleo y el gas proceden de los restos de plantas y animales de origen marino.

Si se dan unas condiciones geológicas favorables, se pueden acumular cantidades económicamente significativas de petróleo y gas bajo tierra formando lo que se conoce como **trampa petrolífera**. Diversas estructuras geológicas pueden actuar como trampas petrolíferas, pero todas tienen en común dos condiciones básicas: una roca almacén, permeable y porosa, que suministrará petróleo y gas natural en cantidades suficientes para hacer rentable la perforación; y una roca de tapa impermeable, al petróleo y al gas. La roca de tapa interrumpe el sentido ascendente del petróleo y el gas e impide que escapen a la superficie, formando entonces los **yacimientos petrolíferos**.



Trampa petrolífera

### III.2.2. Explotación

Antes de decidir la posible explotación de un pozo petrolífero, se realiza la **prospección**, que es la exploración del subsuelo encaminada a descubrir yacimientos petrolíferos a partir de mapas geológicos. Una vez decidido el lugar, se perfora para evaluar tanto la magnitud del yacimiento como la calidad del crudo y, en caso favorable, se procede a la extracción.

La extracción, producción o explotación del petróleo se hace según las características propias de cada yacimiento.



En la mayoría de los pozos se dispone de una torre de la que se baja una especie de cañón, formado por una serie de tubos acoplados que se hacen girar desde la base de la torre y se perfora el terreno por medio de una broca formada por dientes de acero endurecido.

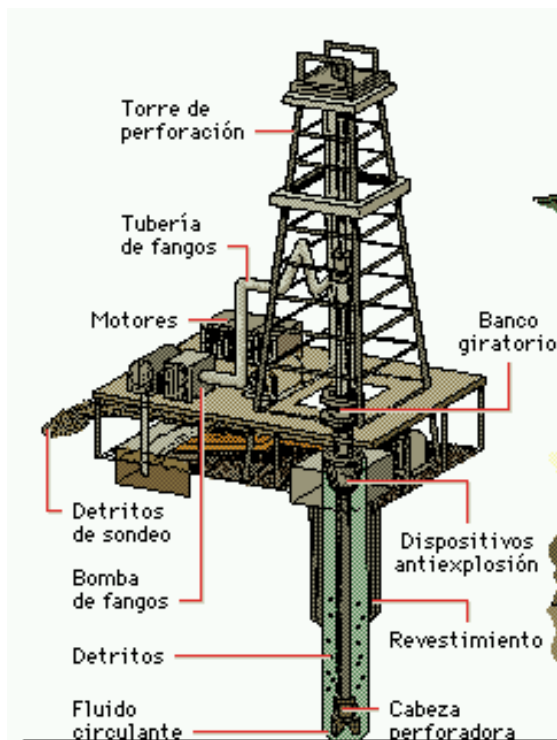
Si el yacimiento tiene energía propia, generada por la presión subterránea y por los compuestos gaseosos que acompañan al petróleo, este saldrá por sí solo. En este caso se instala en la cabeza del pozo un conjunto de válvulas para regular el paso del petróleo. Si no existe esa presión, o a medida que se va extrayendo disminuye la presión, se hace necesario emplear otros métodos de extracción; el más común ha sido el de «balancín», el cual, mediante un permanente balanceo, acciona una bomba en el fondo del pozo que succiona el petróleo hacia la superficie.

Cuando la producción se acerca a su límite económico, se emplean dos sistemas complementarios:

- Inyección de agua: se recurre a bombear agua en uno de cada dos pozos para mantener e incluso aumentar la presión de la bolsa al desplazar el petróleo.
- Inyección de vapor: cuando el petróleo es muy viscoso se inyecta vapor, de esta forma se consigue reducir la viscosidad y desplazar el petróleo, consiguiendo que fluya más deprisa.

A pesar de los avances alcanzados, nunca se logra sacar todo el petróleo que se encuentra en un yacimiento; en el mejor de los casos se extrae el 50 ó 60 por ciento.

El petróleo extraído generalmente viene acompañado de sedimentos, agua y gas natural, por lo que una vez separados esos elementos, el petróleo se envía a los tanques de almacenamiento y a los oleoductos que lo transportarán hacia las refinerías.



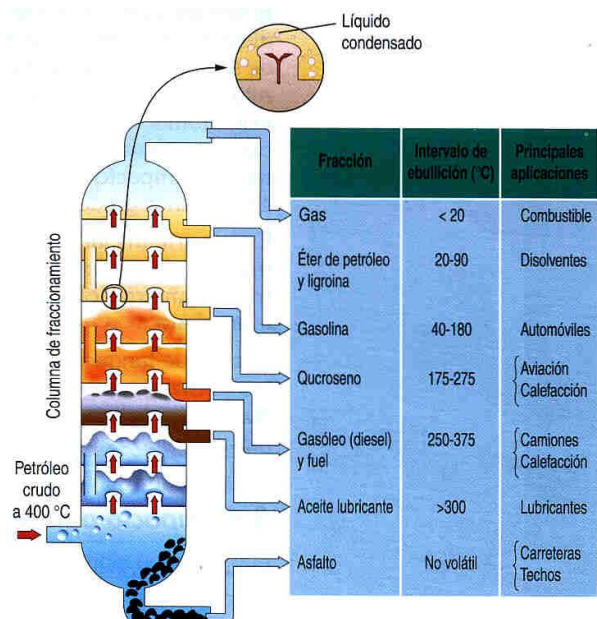
### III.2.3. Proceso de transformación

El petróleo crudo carece de utilidad, por lo que una vez extraído, se trata con productos químicos y calor para eliminar el agua y los elementos sólidos.

Sus componentes deben separarse en un proceso denominado **refino**. Esta técnica se hace en unas instalaciones denominadas **refinerías**. Los componentes se separan en la **torre de fraccionamiento**.

Para ello, el crudo se calienta en una caldera y se hace pasar a la columna de fraccionamiento, en la que la temperatura disminuye con la altura.

El petróleo crudo empieza a vaporizarse a una temperatura algo menor que la necesaria para hervir el agua. Los hidrocarburos con menor masa molecular (más volátiles y ligeros) son los que se vaporizan a temperaturas más bajas (se recogen en la zona más



Esquema de una torre de destilación y de los productos obtenidos en ella

alta de la torre: gas butano, propano,...), y a medida que aumenta la temperatura se van evaporando las moléculas más grandes (más pesados). El primer material destilado a partir del crudo es la fracción de gasolina, seguida por la nafta y el queroseno. Las zonas inferiores suministran ceras y asfaltos.

Por tanto, la primera etapa en el refinado del petróleo crudo consiste en separarlo en partes, o fracciones, según la masa molecular.

Todas las fracciones se someten a complejos tratamientos posteriores para convertirlas en los productos finales deseados.

**Craqueo térmico o Visbreaking:** el proceso de craqueo térmico se desarrolló en un esfuerzo por aumentar el rendimiento de la destilación. En este proceso, las partes más pesadas del crudo se calientan a altas temperaturas bajo presión. Esto divide (craquea) las moléculas grandes de hidrocarburos en moléculas más pequeñas, lo que aumenta la cantidad de gasolina producida a partir de un barril de crudo. La eficiencia del proceso es limitada porque, debido a las elevadas temperaturas y presiones, se deposita una gran cantidad de combustible sólido y poroso en los reactores. Esto, a su vez, exige emplear temperaturas y presiones aún más altas para craquear el crudo. Más tarde se inventó un proceso en el que se recirculaban los fluidos; el proceso funcionaba durante un tiempo mucho mayor con una acumulación de combustibles sólidos bastante menor.

**Alquilación y craqueo catalítico:** para aumentar la producción de gasolina a partir del barril de crudo, durante la década de 1930, se incorporan otros dos procesos, la alquilación y el craqueo catalítico.

La alquilación consiste en la recombinación, en presencia de un catalizador, de las moléculas pequeñas producidas por craqueo térmico, produciendo moléculas ramificadas en la zona de ebullición de la gasolina con mejores propiedades. En el craqueo catalítico, el petróleo se fracciona en presencia de un catalizador finamente dividido; permitiendo la producción de hidrocarburos diferentes que luego pueden recombinarse.

La diferencia entre las unidades de conversión de “visbreaking” y craqueo catalítico, se encuentra en la forma de romper las moléculas de los productos pesados. Mientras la primera lo realiza mediante calor, el segundo además utiliza un catalizador, lo que permite obtener una mayor variedad de productos.

*Acceso a infografía de “Consumer-eroski” sobre el [petróleo](#)*

### III.2.4. Productos obtenidos. Aplicaciones

Los procesos de transformación ponen a disposición del consumidor una amplia gama de productos comerciales:

#### a. Energéticos:

- Gasolina motor. Para consumo en los vehículos automotores.
- Turbocombustible. Gasolina para aviones jet, también conocida como Jet-A.
- Gas-oil. De uso común en camiones y autobuses.
- Queroseno. Se utiliza en estufas domésticas y en equipos industriales.
- Gas propano o GLR Se utiliza como combustible doméstico e industrial.
- Fuel-oil. Es un combustible pesado para hornos y calderas industriales.

#### b. Productos especiales:

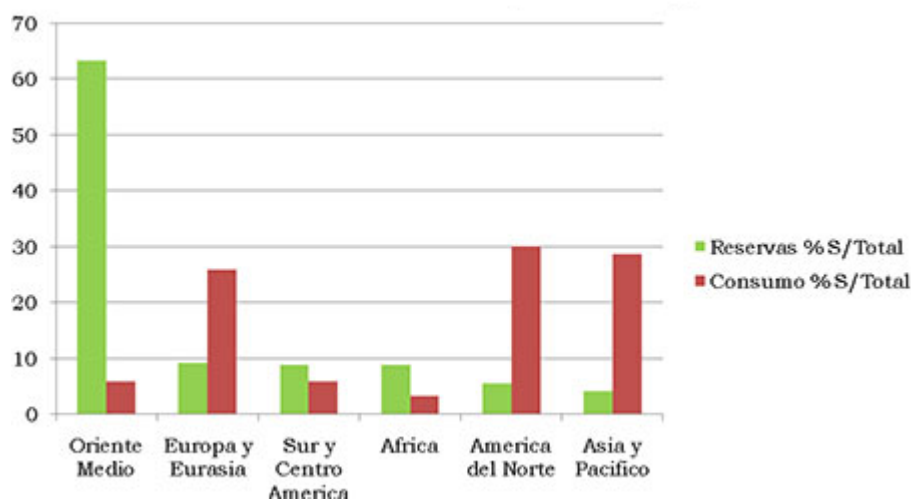
- Bencina industrial. Para disolventes o como combustible doméstico.
- Disolventes. Para aceites, pinturas, pegamentos y adhesivos; gas para quemadores industriales; elaboración de tintas...
- Asfaltos. Producción de asfalto y como material sellante en la construcción.
- Bases lubricantes. Para la producción de los aceites lubricantes.
- Ceras parafínicas. Para la producción de velas y similares, ceras para pisos, fósforos, papel parafinado, vaselinas, etc.

- Materia prima para la industria del plástico en general.
- c. Materias primas para la industria petroquímica básica:**
- Ácido nafténico. Sirve para preparar sales metálicas.
  - Benceno. Sirve para fabricar ciclohexano, para producir caprolactama y ácido adípico con destino al nylon.
  - Tolueno. Se usa como disolvente en la fabricación de pinturas, resinas, adhesivos, pegantes, y tintas.
  - Alquilbenceno. Se usa en la industria de todo tipo de detergentes. El azufre que sale de las refinерías sirve para la vulcanización del caucho, fabricación de algunos tipos de acero y preparación de ácido sulfúrico, entre otros usos.

### III.2.5. Producción mundial

No se sabe con certeza cuantas reservas de petróleo quedan, pero se estima en unos 162 billones de toneladas. A día de hoy se consumen a un ritmo de 3,8 billones de toneladas al año, por lo que si se mantiene el consumo, habremos consumido todo el petróleo en el año 2050.

**Reservas Mundiales de Petróleo y su Consumo por Zonas** Fuente: E day for Energy



### III.2.6. Impacto ambiental

Los problemas ambientales que genera son similares a los del carbón, añadiendo además:

- **En la extracción:** se vierte parte del petróleo directamente al espacio que rodea la prospección. Esto es muy dañino cuando se trata de extracciones en el mar.
- **En el transporte:** debido a la diversidad de situaciones que se puede dar en el transporte del petróleo y sus derivados, el impacto ambiental puede ser gravísimo. Desde el accidente de un camión cisterna al hundimiento de un petrolero, los efectos sobre el medioambiente suelen ser nefastos.
- **En el refinado:** se contamina por la evacuación de los desechos producidos en las refinерías.

**III.2.7. Ventajas y desventajas del uso del petróleo:**

Ventajas	Desventajas
Produce energía de forma regular con buen rendimiento	Al ser no renovable, sus reservas disminuirán y su precio se encarecerá.
De él se obtienen diferentes productos	Su manipulación es peligrosa. Su combustión, extracción y transporte genera problemas ambientales (vertidos,...). Contribuye al efecto invernadero, la lluvia ácida y alteración de ecosistemas.

**III.3. COMBUSTIBLES GASEOSOS****III.3.1. Gas natural**

El gas natural suele aparecer en los yacimientos donde se encuentra el petróleo (gas húmedo), pero no siempre es así, ya que debido a su estado gaseoso puede haber migrado y encontrarse solo (gas seco).

Llamamos gas natural a una mezcla inflamable de diversos hidrocarburos metano ( $\text{CH}_4$  más del 70%), al que acompañan etano ( $\text{CH}_3-\text{CH}_3$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) y azufre y en mayor o en menor proporción con otros gases inertes. Es un producto incoloro e inodoro, no tóxico y más ligero que el aire. Su poder calorífico ronda las 11000 kcal/  $\text{m}^3$

Su uso como combustible comenzó hace unas décadas, pues antiguamente se quemaba en el proceso de extracción del petróleo.

Es el menos contaminante de los combustibles fósiles, pues produce casi un 90% menos de emisiones que los anteriores y es más eficiente energéticamente

**III.3.2. Obtención y aplicaciones**

El gas natural se puede encontrar principalmente en dos situaciones:

- Como elemento único en el yacimiento: Es la forma más común, de tal modo que el 70% del gas extraído actualmente es en este tipo de yacimientos.
- Con petróleo: Está mezclado con él, y debido a las dificultades que tenía el transporte del gas natural, se quemaba en las torres petrolíferas, lo que suponía un despilfarro energético. Actualmente, se utiliza reinyectándolo en el yacimiento para poder sacar más petróleo o es transportado mediante gasoductos (Tuberías por las que circula el gas a alta presión, hasta el lugar de consumo) o en buques cisterna (En este caso, es necesario licuar primero el gas. De este modo, el gas se transforma de forma líquida. Al llegar al destino se regasifica).
- Asociado al carbón: En este caso es muy peligroso, ya que al contacto con el aire es explosivo, algunas veces es posible su extracción.

Se emplea como combustible en centrales térmicas, directamente como combustible (vehículos) y como combustible doméstico e industrial.

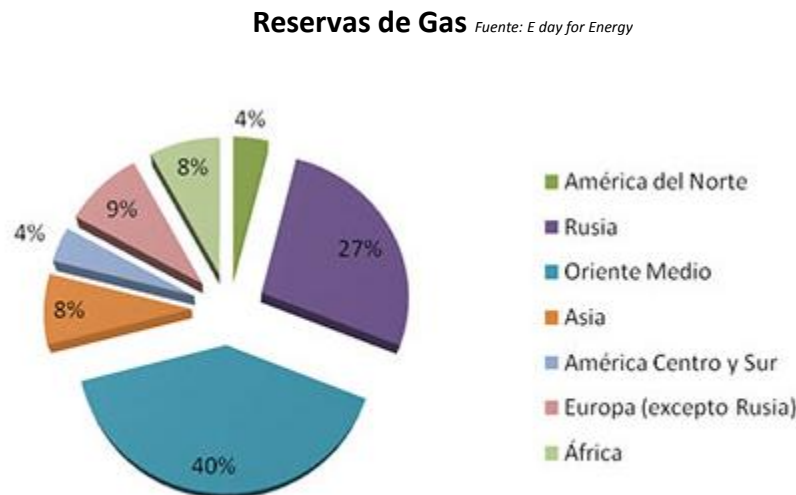
Actualmente es la segunda fuente de energía primaria empleada en Europa y está en alza.

Algunos de los principales productores son Argelia, Libia, Irán, Venezuela,...

### III.3.3. Producción mundial

Actualmente, se calcula que existen unos 179,50 trillones de metros cúbicos, la mayoría repartidos entre Europa, Asia y Oriente medio.

El consumo estimado es de unos 2,7 trillones de m<sup>3</sup>, por lo que se considera que existen reservas para unos 70 años



*Acceso a infografía de "Consumer-eroski" sobre el [gas natural](#)*

### III.3.4 Gas de esquisto o gas pizarra. Fractura hidráulica horizontal

Debido a la demanda energética, y al progresivo agotamiento de los yacimientos convencionales de combustibles fósiles, se están realizando extracciones de gas de yacimientos de más difícil extracción.

El **gas de esquisto, o gas pizarra**, (también llamado **gas no convencional**, en inglés "shale gas") es una forma de gas natural, formado principalmente por metano, que se encuentra en pequeños poros o grietas de este tipo de roca con baja porosidad y permeabilidad, situadas a gran profundidad bajo la superficie terrestre (entre 400 y 5000m).

La baja permeabilidad de este tipo de roca, hace que el gas se encuentre en poca concentración (pequeños poros o burbujas no conectadas entre sí) y sea más difícil de extraer, por lo que es necesario romper la capa de roca para reunir el gas y que fluya hacia la superficie.

Para extraer este gas, se utiliza el "fracking" o **fracturación hidráulica horizontal**, que consiste en la extracción de gas natural mediante la fracturación de la roca (generalmente pizarra y esquistos). En primer lugar se perfora hasta unos 5000m aproximadamente en vertical y después se perfora en horizontal entre 1,5 y 3 km (pudiendo llegar a valores mayores). Una vez realizadas estas perforaciones, se refuerza la zona perforada con un tubo de acero y recubrimiento de cemento para proteger los acuíferos de los aditivos químicos que posteriormente se añaden y se agrieta la roca circundante (este último proceso dura entre 2 y 5 días). A continuación se inyecta agua con arena (~ 98%) y una serie de aditivos químicos (~ 2%) a gran presión. La finalidad de la arena es mantener abiertas las grietas que se han originado para que el gas ascienda a la superficie a través del pozo. El proceso se repite a lo largo de la veta de roca rica en gas, de



modo que la separación de los pozos puede estar entre 0,6 y 2 km. Parte de la mezcla inyectada vuelve a la superficie (entre un 15 y un 85%).

Aunque en España este método de extracción es reciente, en EEUU, que es el país pionero, lleva unos 60 años utilizándose.

En la siguiente imagen se muestra cómo se realiza la fractura hidráulica horizontal

## ¿COMO FUNCIONA LA FRACTURACIÓN HIDRÁULICA?

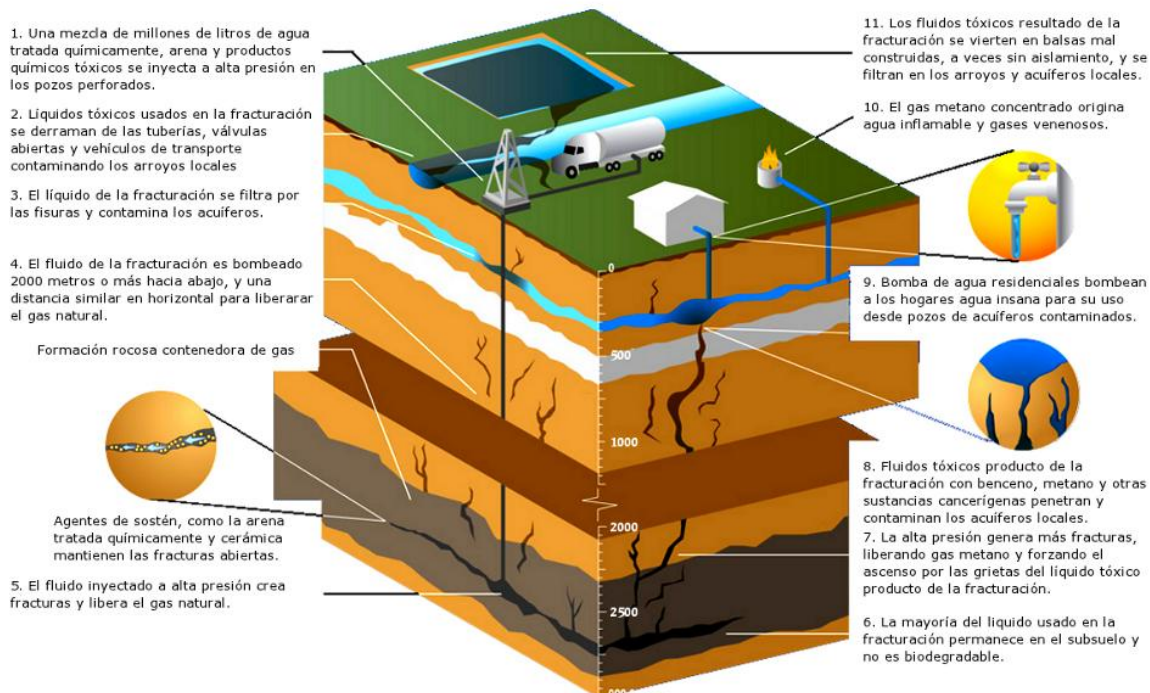


Imagen obtenida de : <http://frackingzaraba.org/wp-content/uploads/2012/01/fracking-diagramweb1.jpg>

### Impacto ambiental

- **Consumo de agua:** Para fracturar cada pozo se necesitan de media unos 9.000 a 29.000 toneladas de agua. Una plataforma de 6 pozos de media necesita unos 54.000 a 174.000 millones de litros de agua en una sola fractura.
- **Gestión del agua residual:** El fluido que se inyecta en los pozos, contiene entre 55.000 y 225.000 litros de aditivos químicos por pozo, unos 260, hay bencenos, xileno, cianuros,...entre los que hay sustancias cancerígenas, mutagénicas, tóxicas y alergénicas  
El fluido de retorno trae a la superficie otras sustancias que hay en estas capas de tierra como metales pesados (arsénico, mercurio, plomo,...), y elementos radiactivos (radón, radio, uranio), lo que da lugar a contaminación de las aguas superficiales, subterráneas y el aire
- **Ruidos e Impactos Visuales:** Una plataforma de seis pozos requiere entre 8 y 12 meses de perforación continua.  
También se necesitan entre 4000 y 6000 viajes en camión para la construcción de una plataforma, con la consiguiente presión para los pueblos y carreteras cercanas a la explotación.  
Balsas de almacenamiento de líquidos de desecho y lodos, tanques y cisternas de almacenamiento del agua y de los productos químicos, equipo de perforación, camiones, ....  
Pistas, para que lleguen los camiones.  
Gasoductos para llevar el gas a los gasoductos de distribución.

- **Contaminación Aguas Subterráneas, tierras y aguas superficiales:** El pozo se fractura en varias etapas, por lo que el conducto sufre cambios de presión muy grandes, lo que implica un riesgo de agrietamiento del revestimiento de cemento.  
En caso de fugas se produciría la contaminación de abastecimiento de agua potable, así como de ríos, aguas subterráneas y atmósfera cuando llegan a evaporarse.  
Accidentes de camiones que transportan productos químicos  
Desbordamiento de balsas residuales por lluvias
- **Contaminación del aire:** Produce gases de efecto invernadero, sobre todo, metano, más dañino para el cambio climático que el CO<sub>2</sub>, 20 veces más potente que el dióxido de carbono como gas de efecto invernadero.  
Se ha detectado benceno en el vapor que sale de los pozos de evaporación, que es un importante cancerígeno
- **Riesgo sísmico**

### III.3.3. Gases licuados del petróleo o gases GLP

Son el butano y el propano. Se obtienen en las refinerías y poseen un poder calorífico que ronda las 25000 kcal/m<sup>3</sup>. Suelen comercializarse en recipientes donde están sometidos a compresión, lo que hace que pasen a estado líquido, logrando una considerable reducción de volumen, con lo que ocupan menor espacio en el almacenaje y un menor coste en el transporte.



## IV. CENTRALES TÉRMICAS

Las centrales termoeléctricas convencionales producen electricidad a partir de la energía calorífica desprendida por la combustión del fuel-oil, carbón, gas natural, etc. El combustible se quema en una caldera, y el calor producido se transmite al agua, que se convierte en vapor a alta temperatura. Después de circular por una serie de conductos, acciona las turbinas e impulsa sus álabes haciéndolos girar. Dicho movimiento es transmitido al generador que, por los fenómenos de electromagnetismo y de inducción, convierte la energía cinética del vapor de agua en energía eléctrica.

Los principales elementos de una central termoeléctrica son:

**Combustible:** el combustible, ya sea fuel-oil, gas o carbón, llega a la central térmica desde los almacenamientos situados en los parques adyacentes a la central.

En el caso del carbón, se conduce mediante cintas transportadoras al molino, para su triturado. El carbón, una vez pulverizado, se mezcla con aire caliente y se inyecta a presión en la caldera para su combustión.

Si es de fuel-oil, se precalienta para que fluidifique, antes de ser inyectado en los quemadores de la caldera.

Si es de gas, los quemadores estarán concebidos para quemar este tipo de combustible.

**Caldera:** la caldera genera el vapor que accionará los cuerpos de las turbinas. Después de accionar estas, el vapor se convierte en líquido en el condensador. El agua obtenida por la condensación de vapor se somete a diversas etapas de calentamiento, y se inyecta de nuevo en la caldera, en las condiciones de presión y temperatura más adecuadas para obtener el máximo rendimiento del ciclo.

**Calentadores:** el agua que circula en un circuito cerrado se calienta sucesivamente en el calentador y en el sobrecalentador, antes de ser enviada a la turbina.

**Chimenea:** al objeto de minimizar los efectos de la combustión del carbón sobre el medio ambiente, parte de los contaminantes son retenidos en el interior de la propia central mediante los llamados precipitadores.

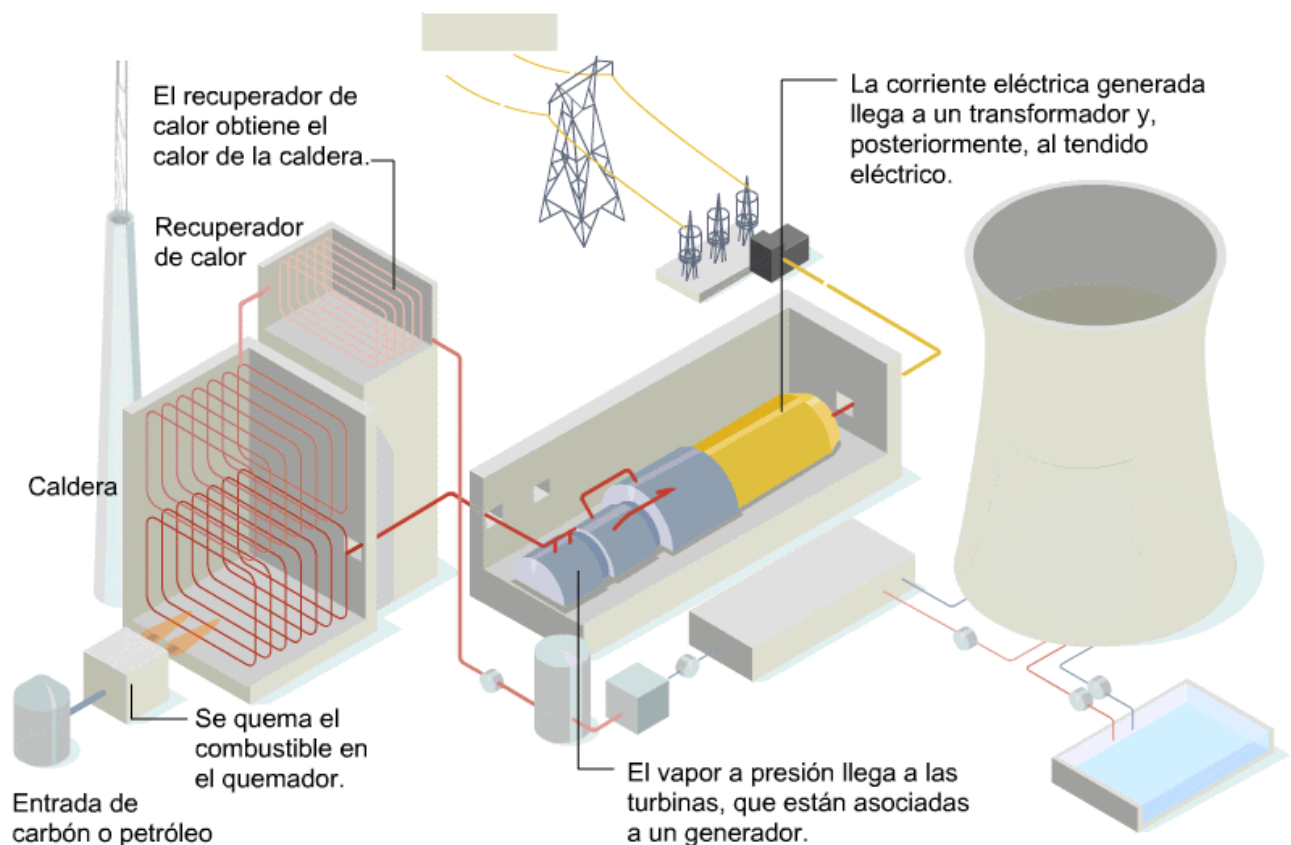


**Torre de refrigeración:** las torres de refrigeración tienen por misión trasladar a la atmósfera el calor extraído del condensador, cuando el sistema de agua de circulación que refrigera el condensador opera en circuito cerrado.

**Turbinas:** el rotor de la turbina de una central térmica se mueve solidariamente con el rotor del generador, después de que el vapor haya accionado los álabes de los cuerpos de las turbinas de alta presión, media presión y baja presión.

**Alternador:** en el generador es donde se produce la energía eléctrica, la cual es transportada mediante líneas de transporte a alta tensión a los centros de consumo.

Un esquema típico de una central termoeléctrica es el siguiente:



Acceso a infografía de "Consumer eroski" sobre las [fuentes de energía no renovables](#)

#### IV.1. Centrales térmicas de ciclo combinado

En este tipo de centrales se utiliza el gas natural como combustible, y se caracterizan porque combinan dos tipos de turbinas, una de gas, que funciona debido a la combustión del gas natural y otra de vapor, que funciona a partir del vapor de los gases generados en la combustión del gas natural. Es por ello que la combustión del gas tiene dos finalidades, mover la turbina de gas y ser la fuente de calor para el agua que mueve la turbina de vapor.

**EJERCICIOS. CUESTIONES**

1. ¿Durante qué periodo histórico se formó el carbón?
2. ¿En qué consiste el proceso de la carbonización?
3. Haz un esquema de los distintos tipos de carbón (naturales) y ordénalos atendiendo a su poder calorífico
4. ¿Qué es un carbón artificial? Tipos
5. Diferencias entre una explotación a cielo abierto y una subterránea
6. Explica, de forma esquemática, el funcionamiento de una central térmica convencional que utilice carbón como combustible.
7. ¿Qué gases se originan principalmente en la combustión del carbón? Explica las repercusiones medioambientales.
8. ¿Cuáles son los países principales exportadores de carbón?
9. En España, ¿dónde se encuentran las principales cuencas carboníferas?
10. Trata de formular las reacciones químicas que originan el proceso de la lluvia ácida.
11. Explica, argumentando adecuadamente, por qué se ha instalado la gasolina sin plomo.
12. Explica las condiciones que deben darse para que se forme petróleo
13. ¿Qué es una trampa petrolífera?. Características
14. Explica cómo se realiza la extracción del petróleo
15. ¿Qué es una torre de fraccionamiento y para qué se utiliza?
16. ¿Qué son los GLP?
17. Enumera los efectos ambientales que se producen (o pueden producirse) en la extracción, transporte y uso del petróleo
18. Los principales países productores de petróleo se agrupan en un organismo internacional: la OPEP. ¿Cuáles son estos países miembros?
19. El petróleo es un hidrocarburo. Estos son compuestos orgánicos formados por....
20. ¿Qué es la tecnología criogenética?. En todo el proceso de obtención, transporte y conversión del gas natural, ¿en qué momento crees que se utiliza? Justifica tu respuesta.
21. ¿Cuáles son los principales países productores de gas natural?
22. Compara el poder calorífico del petróleo (crudo) con el del gas natural
23. El gas natural, ¿tiene una composición constante?
24. ¿Qué ventajas presenta el gas natural frente a cualquier otro combustible fósil?
25. El grisú es un gas que aparece en las minas de carbón y que puede provocar explosiones. Utilizando distintas fuentes de consulta, averigua algo más sobre este gas.

26. ¿Qué diferencias observas entre los ambientes y materiales necesarios para producir carbón y petróleo?
27. Confecciona un dibujo esquemático de un yacimiento de petróleo y explica, a partir de él, el procedimiento de extracción de crudo y las ventajas que supone inyectar agua a presión en el interior de la bolsa.
28. Confecciona un cuadro síntesis con los productos que se obtienen de la destilación fraccionada del petróleo. Indica en cada caso la temperatura de condensación y su utilidad.
29. Localiza las centrales térmicas que hay en Canarias, por qué crees que se encuentran ahí, qué combustible utilizan. Explica brevemente cómo funciona una central térmica.
30. Explica por qué crees que se está buscando petróleo en la zona comprendida entre Marruecos y las islas de Lanzarote y Fuerteventura. Estudia los impactos que podrían producirse.
31. ¿Qué diferencias existen entre una central térmica convencional y una central de ciclo combinado?
32. Busca información sobre el vertido de crudo de la plataforma petrolífera de BP *Deepwater Horizon* (20 abril 2010) en el golfo de México frente a las costas de Nueva Orleans, considerado como el mayor vertido accidental de petróleo en el mar de la historia (cantidad de crudo vertido, costes económicos y ambientales)

### PROBLEMAS

33. Si el carbón tiene un poder calorífico de 7000 kcal/kg, calcula la cantidad de carbón que necesitaré para obtener  $4,3 \cdot 10^7$  J. (R: 1,47 kg)
34. ¿Qué cantidad de carbón necesitaré para obtener una energía de  $13 \cdot 10^7$  J si utilizo hulla como combustible (Pc: 7000 kcal/kg) o si uso lignito (Pc: 5000 kcal/kg)? (R: 4,44 kg de hulla y 6,22 kg de lignito)
35. Tengo 30kg de carbón (hulla) y necesito obtener  $15 \cdot 10^7$  J de energía. ¿Tendré carbón suficiente? Justifica tu respuesta
36. Si necesito obtener  $25 \cdot 10^8$  J de energía, calcula qué cantidad de petróleo necesitaré. ¿Y de gas natural? Pc petróleo: 10000 kcal/kg, Pc gas: 11000 kcal/m<sup>3</sup>) (R: 59,72 kg de petróleo y 54,27 m<sup>3</sup> de gas)